BIBLIOTHÈQUE PRATIQUE
DE L'ENSEIGNANT

Roger Caratini

Botanique

4

Bordas

Collaboratrice principale : Françoise Caratini
Édition : Nicole Amiot, Thierry Foulc, Jacqueline N'Guyen-Tien
Documentation rédactionnelle : Jean Gerber
Documentation iconographique : Hélène Pellefigue
Dessins et schémas : Gilles Alkan, Denis Horwath
Couverture : Jean Castel

ISBN 2-04-012207-9

Ce volume est une édition remaniée de la *Vie des plantes ;* il a été publié pour la première fois aux Éditions Bordas en 1971, dans la collection « Bordas-Encyclopédie ».

Avant-propos

Le terme « botanique » évoque une occupation d'un autre âge, celle de Jean-Jacques Rousseau se plaisant à herboriser lors de ses promenades solitaires, ou celui de ces savants que décrivait Jules Verne dans ses romans, ne parlant pas du « coton » mais de *Gossypium hirsutum,* faisant frire *Allium cepa* et non des « oignons », et ne rêvant que d'embranchements, de classes, d'ordres et de familles de plantes. Quel est le profane qui ne reste perplexe devant cette définition laconique : « la Tulipe est une Liliacée bulbeuse ».

La botanique serait-elle donc un jeu classificatoire un peu vain, une distraction d'oisifs ou de ce qu'on appelait autrefois une « vieille fille », amoureuse de ses plantes vertes? Un jardin botanique n'est-il qu'un joli lieu de promenade? Certes non. A peu près tout le monde sait que la vie sur la Terre n'est possible que si le taux de l'oxygène dans l'air se maintient aux alentours de 80 %. Or tous les êtres vivants respirent, c'est-à-dire fixent l'oxygène atmosphérique et rejettent du gaz carbonique. Il faut donc qu'à chaque instant l'oxygène fixé soit remplacé par de l'oxygène produit, et 70 % de cette production est le fait d'Algues microscopiques qui flottent dans les mers du globe, les 30 % restants provenant de la végétation terrestre, par le processus de la photosynthèse.

Pas de végétaux, pas de vie terrestre : voilà qui devrait nous faire respecter cette botanique que les universitaires appellent aussi « biologie végétale ». Mais, même en supposant que nous ayons, par miracle, quelque autre source d'oxygène que la source végétale, imaginons la vie humaine sans les végétaux : pas d'arbres, donc pas de bois, partant comment nous chauffer? pas de végétaux fossiles, donc pas de charbon, pas de pétrole. Pas d'herbivores, pas de peaux de bête pour nous vêtir, pas de Champignons comme les *Penicillium* pour nous soigner. Ah! combien nous regretterions l'absence d'un jardin paradisiaque! Pour nous autres, êtres humains, vivre au sens biologique du terme, c'est exploiter la biomasse végétale; c'est abattre des arbres, semer et récolter des céréales, produire des fruits et des légumes. Mais cette exploitation ne doit pas se faire sans discernement exploiter n'est pas gâcher. L'exploitation rationnelle de notre environnement végétal passe obligatoirement par la connaissance de *tout* le monde végétal. La destruction d'une espèce, en apparence insignifiante, peut entraîner des désordres d'une ampleur imprévisible. Les équilibres naturels sont fragiles, et les Végétaux en sont l'armature fondamentale. D'où l'importance de cette botanique, née chez les anciens Grecs qui l'ont d'ailleurs baptisée (en grec « plante » se dit *botanē*).

Dans son sens le plus général, la *botanique* est donc l'étude des plantes. Le terme englobe une multitude de sciences plus ou moins générales : la biologie végétale proprement dite a pour objet l'étude des phénomènes de la vie chez les Végétaux (étude de la cellule végétale, des tissus, de la croissance, du mode de vie, de la mort des plantes, par exemple) ; la physiologie végétale cherche à décrire comment vit une plante (de quoi se nourrit-elle? comment respire-t-elle? etc.) ; l'anatomie végétale, macroscopique ou microscopique, est la description méthodique et caractéristique des plantes. On pourrait aussi rattacher à la botanique pure les différentes branches de la botanique appliquée : l'agronomie, la phytothérapie, l'horticulture, l'art des jardins, etc. On pourrait même rattacher à notre science des activités ou des modes de pensée humains comme l'art de faire des bouquets, le langage des fleurs, la symbolique florale, etc.

Il n'est évidemment pas question de traiter toutes ces questions en un seul volume. Dès maintenant, il est bon de prévenir le lecteur qu'il ne trouvera, dans les pages qui suivent, que des explications ou des informations touchant d'une part à la biologie végétale en général (principalement à la biologie des plantes) et d'autre part à la description méthodique, catégorie par catégorie, du monde végétal.

La plus grande partie de notre livre est en effet un résumé de botanique systématique. Cette discipline a une longue histoire, qui remonte à Aristote. Celui-ci avait proposé de classer les plantes selon leur taille, en arbres, arbustes et arbrisseaux. Par la suite, les systématiciens se sont attachés à distinguer les ressemblances externes et internes des Végétaux. L'utilisation du microscope a permis des classifications plus fines, aboutissant à la grande synthèse de Linné, au XVIIIe siècle. Le développement de la physiologie végétale, au XIXe siècle, de l'écologie et de la génétique (au XXe siècle) a conduit à des visions plus complètes et plus complexes encore, auxquelles l'application de l'informatique ouvre des horizons nouveaux.

La classification adoptée dans le présent ouvrage est celle que propose Emberger et Chadefaud dans leur magistral *Traité* (Masson, éditeur). Si, pour les Végétaux inférieurs, elle ne pose guère de grands problèmes, du moins lorsqu'il s'agit de découper un embranchement ou un sous-embranchement en quelques grands ordres (avec une exception pour l'univers si complexe et si difficile à décrire des Champignons), en revanche, pour les plantes à fleurs et à fruits, qu'on nomme les *Phanérogames Angiospermes,* cette classification exige quelques explications. Dans les traités classiques et dans bien des livres d'enseignement du second degré, on divise les Angiospermes en deux grandes catégories : les Dicotylédones et les Monocotylédones. Les Dicotylédones sont à leur tour divisées en Apétales (plantes sans pétales), Gamétopétales (plantes dont les pétales sont soudés entre eux) et Dialypétales (plantes à pétales séparés). Cette manière de faire est simple et commode. Pour le profane amateur, la considération des pétales et des dicotylédons est en général une chose aisée. Or, pour des raisons que nous donnerons en temps utile, cette répartition des ordres de Végétaux est artificielle et les savants l'ont, aujourd'hui, abandonnée. C'est pourquoi nos lecteurs seront peut-être étonnés de ne pas retrouver, dans notre description, les divisions traditionnelles : nous avons choisi de présenter — en le simplifiant — l'état actuel de la systématique botanique.

Voici quelques précisions sur le contenu de cet ouvrage.

1 — La description des ordres, familles, genres et espèces de Végétaux, prend très rapidement un aspect rébarbatif, en raison, notamment, du vocabulaire des botanistes, où les radicaux savants, les préfixes grecs foisonnent. Nous demandons à nos lecteurs un peu de courage : quand ils parlent de leur voiture, ils emploient des termes précis comme « bielle », « carburateur », « différentiel », « indice d'octane », etc., et non pas des périphrases telles que : « le petit morceau de métal articulé qui relie le piston au vilebrequin » ! De même les botanistes trouvent plus bref et plus précis de dire « campylotrope » en parlant de la manière dont un ovule est inséré dans l'ovaire, plutôt que « courbé de telle ou telle façon ». Il suffit de s'habituer à un vocabulaire pour qu'il perde ses caractères d'étrangeté et de difficulté.

2 — La *diagnose,* c'est-à-dire la description méthodique des caractéristiques des plantes, a été faite dans un esprit de simplification. Afin de grouper le plus d'informations possible sur une petite surface, nous avons employé de nombreuses abréviations traditionnelles, en prenant la précaution d'en dresser le tableau préalable.

3 — Les tableaux d'*Annexe* proposent une vue synoptique du monde végétal. Nous avons tenté de citer le plus grand nombre possible de familles (pratiquement, en ce qui concerne les plantes à fleurs, toutes les familles vivantes sont citées). Les genres et les espèces donnés dans la dernière colonne de ces tableaux ne sont que des *exemples,* et leur énumération est bien loin d'épuiser le règne végétal (il faudrait plusieurs volumes de la taille de celui-ci pour en faire la liste).

4 — Il a été donné, en cours de texte, quelques informations sur les applications pratiques et l'intérêt économique de certaines espèces. Compte tenu de notre propos, à savoir la description systématique du monde végétal, ces renseignements sont inévitablement très succincts.

5 — La nomenclature botanique est codifiée par des règles internationales. Les Végétaux les plus communs portent des *noms vulgaires,* distincts bien entendu, dans toutes les langues : Chêne, Pin, Rose, Géranium, etc. Le *nom savant* d'une espèce végétale comporte deux mots latins : le premier désignant le genre auquel elle appartient, et le second l'espèce proprement dite ; on écrit le nom du genre avec une majuscule initiale, et le nom de l'espèce avec une minuscule. Ainsi le Poivre est le nom vulgaire du genre *Piper,* dont on connaît huit cents espèces. L'espèce correspondant au Poivre noir est nommée *Piper nigrum.*

Sommaire

GÉNÉRALITÉS

OBJET ET HISTOIRE DE LA BOTANIQUE.

Qu'est-ce que la botanique ?

Le mot « botanique » vient du grec *botanê* qui signifie « herbe, plante » ; il a été introduit en France vers 1511 et désigne la science qui a pour objet l'étude des *Végétaux* (pour la distinction entre un Végétal et un Animal, voir p. 9). La botanique comprend plusieurs branches dont les principales sont indiquées sur le tableau ci-dessous.

BOTANIQUE GÉNÉRALE	*Morphologie structurale*	Description des parties de la plante visibles à l'œil nu ou à la loupe.
	Anatomie végétale	Description des organes internes de la plante ; intervention de l'observation au microscope.
	Cytologie végétale	Étude des cellules végétales, de leurs constituants et de leur physiologie.
	Histologie végétale	Étude des différents tissus végétaux.
	Physiologie végétale	Normale : étude du fonctionnement des végétaux. Pathologique (ou physiopathologique, ou tératologie végétale).
	Biologie végétale (au sens restreint)	Fonctions de reproduction. Embryologie (formation et développement des embryons). Génétique. Évolution des Végétaux.
BOTANIQUE SPÉCIALE	*Systématique (ou taxinomie, ou taxonomie)*	Science des lois de la classification (des Végétaux).
	Phylogénie	Reconstitution des *lignées évolutives* ou *phylums ;* s'appuie sur l'étude des Végétaux anciens ou *paléobotanique*.
	Étude des grands groupes isolés par la taxonomie	Cryptogamie (au sens restreint) : étude des Végétaux non vasculaires { Algologie : étude des Algues. Bactériologie : étude des Bactéries. Mycologie : étude des Champignons. Bryologie : étude des Muscinées ou Bryophytes (Mousses, etc.). Lichénologie : étude des Lichens.
		Étude des Végétaux vasculaires { Étude des Cryptogames vasculaires. Phanérogamie { des Gymnospermes. des Angiospermes.
	Écologie, phytosociologie et biogéographie	Écologie végétale : étude des milieux de vie. Phytosociologie végétale : étude des associations végétales sur une même station. Biogéographie végétale : étude de la répartition dans l'espace des Végétaux.
BOTANIQUE APPLIQUÉE :	pharmacologie, toxicologie, agronomie, horticulture, sylviculture, etc.	

Les principales branches de la botanique.

Coup d'œil historique.

Connaissance et classification des plantes.

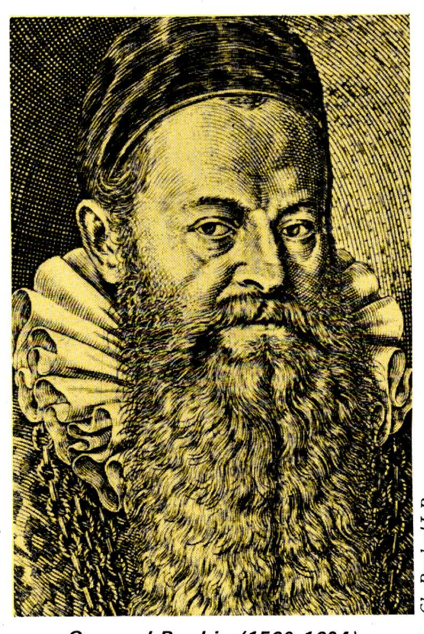
Dans l'Antiquité, la botanique n'est guère qu'une branche de la médecine : les plantes sont étudiées et classées en fonction de leurs propriétés. Le philosophe grec Aristote (384-322 av. J.-C.) avait écrit un *Traité des plantes* qui a été perdu ; l'ouvrage *Des plantes* qui nous est parvenu sous son nom est l'œuvre d'un falsificateur inconnu. Son élève Théophraste (env. 372-287 av. J.-C.) est l'auteur d'une *Histoire des plantes* en neuf livres dans laquelle il propose divers principes de classification des Végétaux, notamment la division de ceux-ci, selon leur taille, en arbres, arbustes, arbrisseaux et herbes. Le médecin grec Dioscoride (Ier s. apr. J.-C.) nous a laissé un grand traité, en grec, *Sur la matière médicale*, dans lequel il fait grand cas de la botanique, répartissant les plantes en aromatiques, alimentaires, médicinales et vénéneuses. Enfin le Romain Pline l'Ancien (23-79 apr. J.-C.) est l'auteur d'une *Histoire naturelle* en 37 livres, dont les livres XII à XXVII, consacrés à la botanique, sont une compilation de l'ensemble des connaissances en cette matière à l'époque où il écrivait.

● *Au Moyen Age,* la science botanique s'est essentiellement limitée à l'étude de ces ouvrages anciens : pour connaître une fleur, on n'allait pas la cueillir dans une prairie, mais on en cherchait la description dans les auteurs grecs ou latins.

● *Au XVIe siècle,* la botanique prend son essor. Les savants se sont d'abord proposé de décrire le plus grand nombre de plantes possible en les observant directement, et de les classer selon un système qui rendrait compte des ressemblances et des différences qu'elles présentent. Les principaux botanistes du XVIe et du XVIIe siècles ont été : l'Allemand Brunfels (1489-1534), le Hollandais Rembert Dodoens (Dodonæus, 1517-1586), le Zurichois Conrad Gesner (1516-1565), le Français Ch. de l'Écluse (Clusius, 1526-1609), le Lillois Lobel (Lobelius, 1538-1616), les Bâlois Jean Bauhin (1541-1612) et Gaspard Bauhin (1550-1624) dont l'œuvre marque le sommet de la botanique descriptive au XVIe siècle, le Napolitain Giambattista Porta (1539-1615), l'Arétin Andrea Cesalpino, dit Cesalpin (1519-1603), l'Écossais Morison (1620-1683), l'Anglais John Ray (1628-1704), le Français Pierre Magnol (1637-1715), le Français Joseph Pitton de Tournefort (1656-1708). Enfin c'est aux XVIe et XVIIe siècles que se sont constitués les premiers *jardins botaniques :* à Pise (1544), à Padoue (1546), à Bologne (1548), à Montbéliard (1578), à Montpellier (1597) et à Paris (1626). La technique des *herbiers*, c'est-à-dire des collections de plantes desséchées, semble avoir été découverte en Italie.



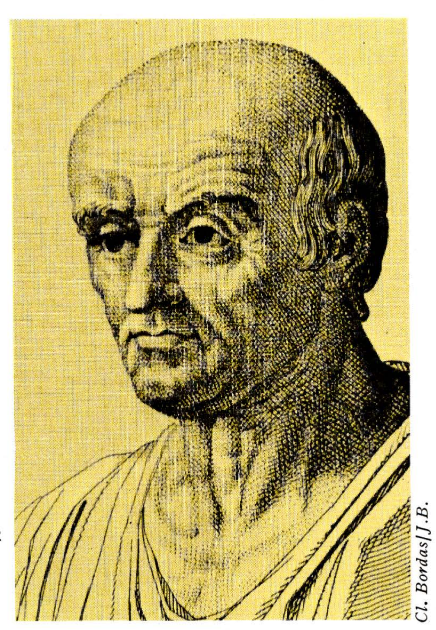
Conrad Gesner (1516-1565).



Gaspard Bauhin (1560-1624).



Joseph Pitton de Tournefort (1656-1708).



Michel Adanson (1727-1806)



Cl. Bordas/J.B.

Carl von Linné (1707-1778).

Parmi les auteurs que nous venons de citer il faut isoler : Gesner, qui a signalé l'importance des fleurs et des fruits pour la classification des plantes; Gaspard Bauhin, qui a décrit 6 000 plantes; Cesalpin, à qui l'on attribue la première classification méthodique des Végétaux (1583), d'après un système fondé sur la philosophie d'Aristote; John Ray, qui a décrit 18 655 espèces botaniques et à qui l'on doit la distinction entre Monocotylédones et Dicotylédones; Magnol, qui définit le premier la *famille ;* et Tournefort, auteur d'une *Méthode pour reconnaître les plantes* (1694), dans laquelle il répartit 10 146 espèces en 698 genres et 22 classes (Tournefort est le père de cette unité systématique qu'on appelle le *genre*).

● *Le XVIIIe siècle* est dominé par l'œuvre de Carl von Linné (1707-1778), né à Rashult, en Suède, du Français (génial et méconnu) Michel Adanson (1727-1806) et de la dynastie des Jussieu : Antoine de Jussieu (1686-1758), qui succéda à Tournefort comme professeur au Jardin de botanique, son frère Bernard de Jussieu (1699-1777) dont l'influence enseignante fut considérable, son autre frère Joseph de Jussieu (1704-1779), qui contribua à la vulgarisation du Quinquina et de la Pomme de terre, Antoine-Laurent de Jussieu (1748-1836), neveu des précédents qui introduisit le principe de la subordination des caractères et publia le *Genera plantarum* (1789), Adrien de Jussieu (1797-1853), fils du précédent.

Linné, malgré le grand renom qui s'est attaché à sa personne, n'a pas été un grand novateur ; il a simplement combiné avec beaucoup d'habileté et d'autorité les résultats obtenus par les botanistes qui l'avaient précédé ; ses principaux ouvrages sont le *Systema naturæ* (1735), *Fundamenta botanica* (1736), *Genera plantarum* (1737), *Classes plantarum* (1738). Il est l'auteur d'une classification des plantes en 24 classes établie principalement d'après la considération des étamines et du sexe des plantes (les théories sur la sexualité des plantes étaient à la mode depuis la publication du travail de Vaillant, en 1717, *Du sexe des plantes*). Sa « méthode » (dont il était extrêmement fier : « C'est moi qui le premier ai inventé d'utiliser pour les genres les caractères naturels... ») était une méthode provisoire, d'ailleurs déjà périmée eu égard à certains travaux de ses contemporains. Par contre, les principes de la nomenclature qu'il a établis, notamment pour la désignation des *espèces,* ont été maintenus jusqu'à nous.

Michel Adanson est le père des recherches systématiques modernes. Le premier il a considéré qu'il fallait faire appel, pour classer les Végétaux, non pas à certains caractères naturels, mais à *tous* les caractères d'une plante, même ceux qui semblaient les plus subtils comme la forme des poils ou le mode d'enroulement dans le bourgeon par exemple : deux plantes pouvaient être considérées comme parentes ou comme possédant une certaine affinité en fonction du nombre plus ou moins élevé des caractères communs qu'elles possédaient. Il proposait donc ce que nous appellerions une description statistique totale des caractères des végétaux. Les Jussieu, en particulier Antoine-Laurent, ont précisé la méthode d'Adanson en y ajoutant le *principe de la subordination des caractères,* c'est-à-dire en introduisant dans la considération des affinités entre les Végétaux, l'idée d'une certaine hiérarchie des caractères.

● *Au XIXe siècle,* la dernière étape en matière de connaissance des plantes devait être franchie : l'introduction de ce qu'on pourrait appeler l'arbre généalogique des Végétaux, c'est-à-dire, plus rigoureusement, du *point de vue phylogénétique.*

A l'origine de la thèse de la phylogenèse (*phulê* = « tribu » ; *genesis* = « origine »), il y a les travaux de Lamarck (1744-1829), Étienne Geoffroy Saint-Hilaire (1772-1844) et Darwin (1809-1882).

Les grands botanistes systématiciens du XIXe siècle sont Candolle (1778-1841), Lindley (1799-1865), Adolphe Brongniart (1801-1876), sir Joseph Hooker (1817-1911), Henri Baillon (1827-1895), Van Tieghem (1839-1914), etc.

Toutes les classifications modernes, quels que soient leurs principes, reposent sur les idées fondamentales de subordination des caractères et de phylogenèse. Les systématiciens en ont tiré des considérations extrêmement importantes pour la connaissance des Végétaux et de leurs affinités : Hallier (1868-1932), Hutchinson, von Wettstein (1862-1931), Hayata, Clements, Lam, etc.

Anatomie et physiologie végétales.

● *Jusqu'à la découverte du microscope* (par Jean Faber en 1624 selon la tradition), la description des parties des Végétaux, c'est-à-dire l'anatomie, était fatalement limitée à la morphologie structurale.

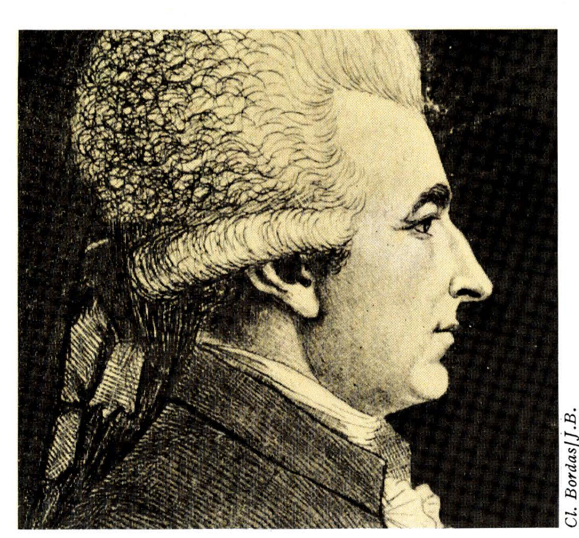
L'anatomie microscopique végétale a été fondée par l'Italien Marcello Malpighi (1628-1694) et le Britannique Nehemiah Grew; ces deux savants ont fait des observations remarquables et laissé de nombreux dessins : jusqu'à la fin du XVIIIe siècle, leur œuvre ne sera pas dépassée.

C'est le savant anglais Robert Hooke (1635-1703) qui découvrit en 1667, en observant au microscope une lamelle de liège, l'existence de la *cellule* (voir p. 3). Il l'a reconnue ensuite dans d'autres fragments de Végétaux ; Malpighi et Grew ont aussi observé les cellules (qu'ils appelaient *vésicules* ou *utricules*) ; Grew introduisit la notion de *parenchyme,* c'est-à-dire d'un tissu cellulaire évoquant « une structure spumeuse analogue à celle de l'écume du vin fermenté ou de la salive » (définition de Duhamel du Monceau, en 1758). C'est en 1805 que Oken développe l'idée que tous les organismes naissent et sont formés de cellules, tandis que la théorie cellulaire sous sa forme définitive n'est établie qu'en 1838, par Schleiden.

● *L'écologie* est une science récente, qui appartient au XXe siècle.

Les méthodes de la botanique.

Il serait abstrait et fastidieux pour le lecteur d'énumérer ici et de décrire les principales méthodes employées en botanique. Celles-ci seront donc étudiées au fur et à mesure que les matières auxquelles elles s'appliquent seront abordées.



Cl. Bordas/J.B.

Antoine de Jussieu (1686-1758).

ORGANISATION DES VÉGÉTAUX : LA CELLULE ET LES TISSUS.

Vue d'ensemble sur le règne végétal.

Nous reviendrons plus loin (p. 29) sur les questions de taxonomie (règles de la classification et nomenclature). Précisons dès maintenant les grandes divisions du règne végétal.

Le monde vivant : Animaux et Végétaux.

● *On divise habituellement le monde vivant en deux règnes :* le règne animal et le règne végétal. Si l'on élimine les « cas frontières » (les plus intéressants...), les différences qui existent entre les deux règnes *semblent* assez nettes ; elles sont précisées dans le tableau ci-dessous :

Animaux	Végétaux
Presque tous libres.	Presque tous fixés à un *substrat :* par exemple au sol.
Les Animaux possèdent un système nerveux ; ils sont donc doués de *sensibilité* et de motilité (faculté de se mouvoir).	Pas de système nerveux. Les Végétaux sont donc en apparence insensibles et immobiles (ou, du moins, leur motilité est *limitée :* une fleur qui « s'ouvre », par exemple, une tige qui s'incline vers la lumière).
Les cellules animales ne possèdent pas de tunique celluloso-pectique.	Les cellules des Végétaux sont enveloppées dans une paroi résistante, une *tunique,* composée d'une substance *glucidique,* d'ordinaire : *celluloso-pectique.* (Cette substance organique est familière à nos lecteurs : le coton hydrophile est de la *cellulose* presque pure, et la *pectine* sert à la fabrication de la *gelée de fruit.*)
Les aliments des Animaux sont, en principe, des corps (solides ou liquides) qu'ils *ingèrent :* un Chien avale un morceau de viande, une Amibe emprisonne ces éléments en se déformant (c'est la *phagocytose,* signalée p. 9). Ces aliments sont ensuite *digérés,* c'est-à-dire décomposés chimiquement grâce à des substances spécifiques, les *enzymes,* et *assimilés* par l'organisme vivant.	Les Végétaux n'ingèrent pas d'aliments solides ; ils absorbent, par imbibition et osmose, des substances gazeuses ou dissoutes dans l'eau.
Les Animaux se nourrissent de substances organiques empruntées à d'autres êtres vivants ; on traduit cela en disant qu'ils sont *hétérotrophes* (du grec *heteros* = « autre » ; *trophê* = « nourriture »).	La plupart des Végétaux contiennent de la *chlorophylle* qui leur permet de transformer des substances minérales comme le gaz carbonique ou l'eau en substances organiques (en *glucides*). De tels végétaux sont dits *autotrophes* (*autos* = « soi-même » ; *trophê* = « nourriture »), parce qu'ils fabriquent eux-mêmes leurs aliments.

Principales différences entre les Animaux et les Végétaux.

● *En fait,* on s'est aperçu que ces oppositions comportaient des quantités d'exceptions. Par exemple :

— des Animaux comme les Coraux ou les Actinies (appelées encore Anémones de mer) sont fixés sur les fonds marins, comme de véritables plantes aquatiques ;

— certains Protistes (animaux unicellulaires), comme les *Flagellés,* doués de sensibilité et de mouvement, comportent des corpuscules contenant de la chlorophylle ; c'est le cas de l'*Euglène,* qu'on peut donc considérer soit comme un Animal, soit comme un Végétal ;

— beaucoup de Champignons ne possèdent pas de cellulose, alors que certains Animaux comme les *Ascidies* ont leur organisme revêtu extérieurement d'une substance appelée la *tunicine*, qui a de grandes analogies avec la cellulose ; etc.

● *En résumé,* la distinction entre le règne animal et le règne végétal présente un intérêt pratique ; mais, du point de vue de la science actuelle, elle est mal fondée. La première grande division du monde vivant repose, du moins dans l'état actuel de nos connaissances, sur l'aspect des cellules qui composent les êtres vivants. On distingue ainsi :

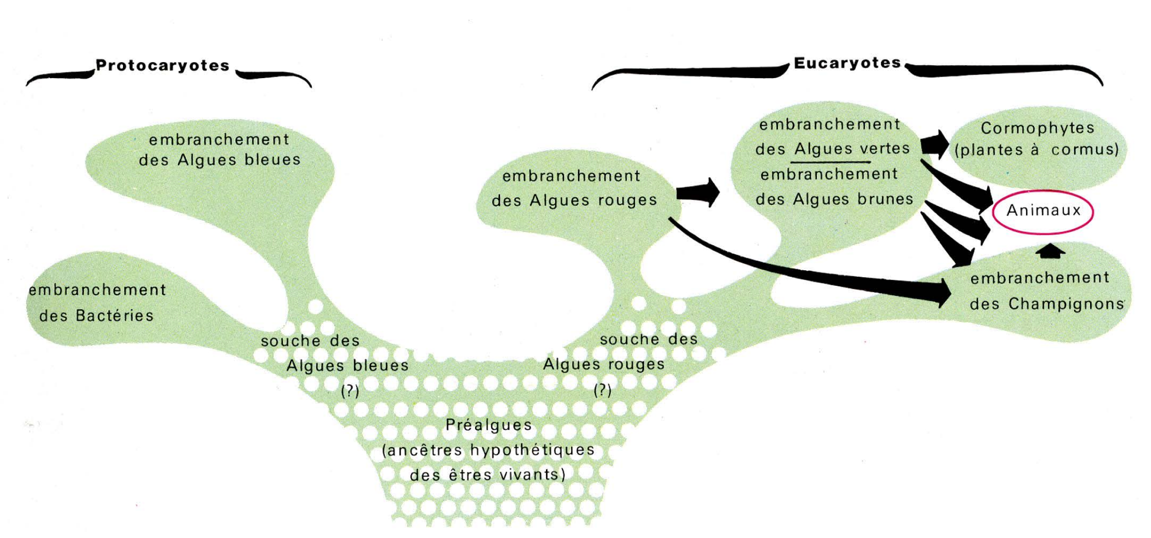
— les êtres vivants dont les cellules sont *imparfaites* (en particulier : elles sont dépourvues d'un véritable noyau) ; on les appelle les *Protocaryotes* (ou *Procaryotes;* en grec, *karuon* = « noyau », et sont représentés par les Algues bleues et les Bactéries.

— les êtres vivants à cellules *parfaites* ou *Eucaryotes* (*eu* = « bien », préfixe mélioratif). Cette catégorie comprend tous les autres êtres vivants, à savoir : les Algues (vertes, brunes ou rouges), les Champignons, les Lichens, les plantes qui possèdent une tige (ou *Cormophytes,* de *kormos* = « tige »), c'est-à-dire tous les autres Végétaux et les Animaux.

L'« arbre généalogique » du monde vivant aurait donc l'allure suivante (d'après Marius Chadefaud) :



Une Anémone de mer : malgré son apparence végétale, cet être vivant est un Animal, possédant notamment un système nerveux rudimentaire.

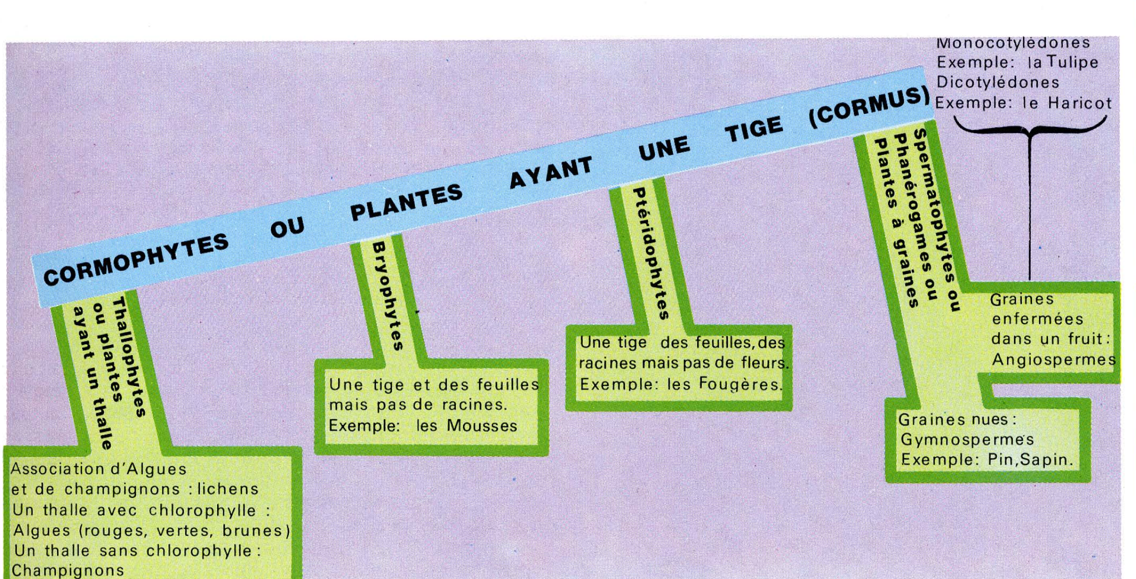


Le monde vivant.
En gros points blancs : les souches hypothétiques (inconnues) ; les flèches indiquent les apparentements entre les grandes catégories d'êtres vivants.

Les grandes divisions du monde végétal.

Si l'on excepte les Bactéries et les Algues bleues, le monde végétal présente les grandes divisions indiquées par la figure suivante.

Remarque : nous préciserons plus loin les principes de la systématique (taxonomie) et les règles de la nomenclature des Végétaux.



Les grandes divisions du monde végétal.

Méthodes de la cytologie.

La cytologie est l'étude des cellules (*kutos* = « cellule »).

Découverte de la cellule.

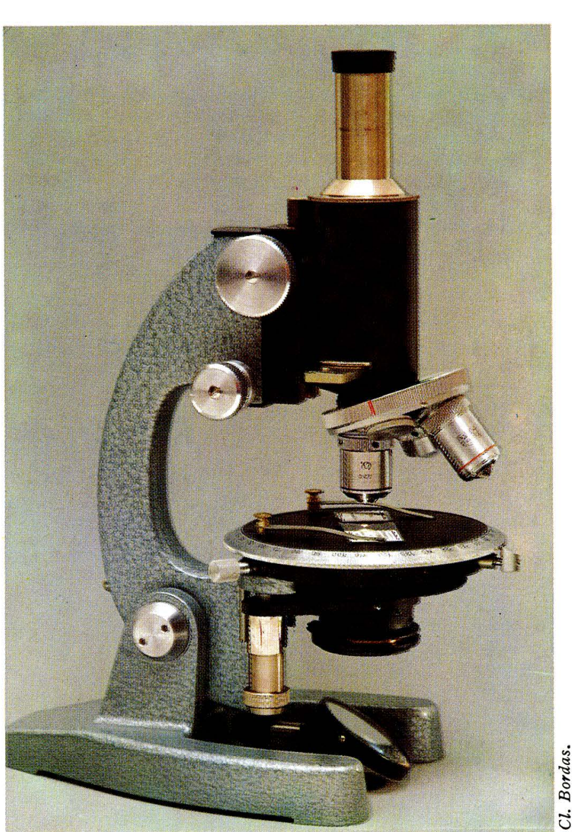
Le microscope, dont le principe était connu à la fin du XVIe siècle, est devenu d'un usage relativement courant dans les milieux scientifiques à partir de 1620-1630. Il s'agissait encore d'un appareil très rudimentaire, de faible grossissement. Néanmoins, avec beaucoup de patience et d'ingéniosité, les savants de cette époque sont parvenus à des résultats remarquables.

Robert Hooke, astronome et mathématicien anglais, né en 1635 dans l'île de Wight et mort à Londres en 1703, était professeur de géométrie à Gresham College ; il mit au point une méthode d'observation microscopique qu'il décrit ainsi :

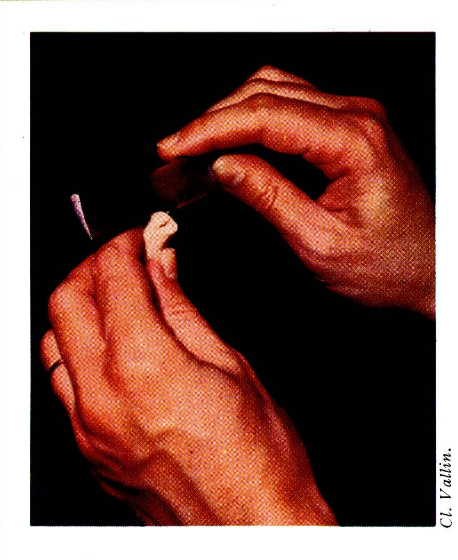
> « *Quand le soleil donne, je place entre l'objet et la lumière un morceau de papier huilé* [pour diffuser la lumière reçue et obtenir un éclairement bien régulier de l'objet ; sans cela, seules certaines parties de l'objet seraient visibles et éblouissantes, les autres restant dans l'ombre], *puis au moyen d'une bonne et forte loupe, je concentre et dirige les rayons sur le papier. Une très grande quantité de lumière le traverse et éclaire l'objet... On peut aussi remplacer* [le papier] *par une plaque de verre dont une face a été dépolie* (Hooke : *Micrographia,* 1667, cité par E. Guyénot, *Les Sciences de la vie aux XVIIe et XVIIIe siècles,* Paris, Albin Michel, 1941, p. 107).

Quand il n'y avait pas de soleil, ou bien lorsqu'il travaillait la nuit, Hooke avait fabriqué un dispositif astucieux : trois bras horizontaux portant respectivement une lampe à huile (source de lumière), un globe de verre rempli d'eau (pour diffuser la lumière) et une loupe montée sur une articulation (pour concentrer la lumière sur l'objet à étudier).

En 1667, le savant britannique examine une fine lamelle découpée au rasoir dans un morceau de liège ; il observe alors « qu'elle était perforée et poreuse comme un gâteau de miel » (*ibid.*, p. 112). Ces perforations semblaient être des petites loges allongées, mises côte à côte et qu'il baptisa des *cellules.* Hooke a compté qu'il y en avait 60, bout à bout, sur une longueur de un dix-huitième de pouce (soit un peu plus de 1,4 mm) et, pour un pouce carré (soit 6,45 cm²), il parvenait au nombre « à peine croyable » de 1 666 400 cellules. Hooke, qui n'avait pas de notions de botanique, se renseigna pour connaître l'origine du liège ; lorsqu'il apprit qu'il s'agissait d'une substance végétale (écorce de certains arbres), il examina plusieurs frag-



Microscope optique.



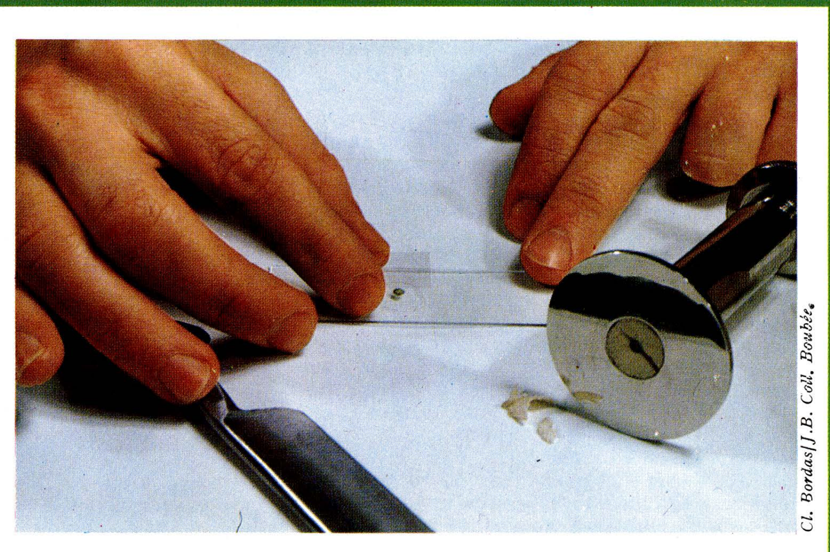
Cl. Vallin.

I. Découpage au rasoir du fragment à observer : l'organe végétal est maintenu entre les deux moitiés d'un bâton de moelle de Sureau.

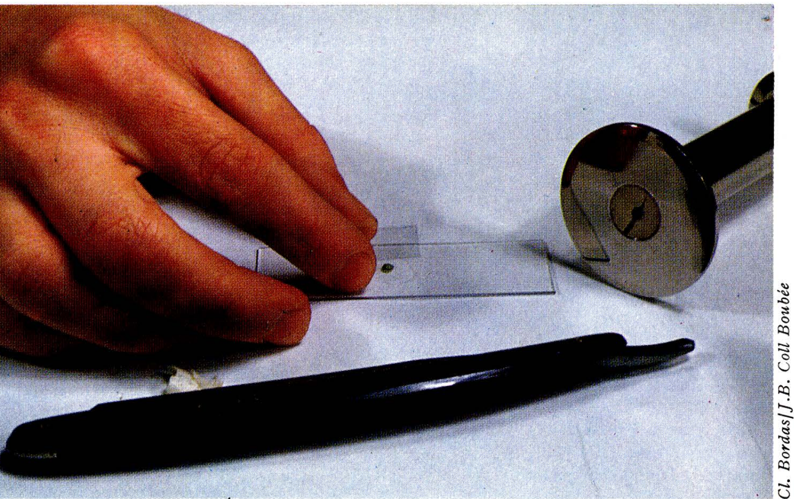
II. On dépose sur une lame de verre bien propre (lame porte-objet) *une goutte d'eau; le fragment est placé dans cette goutte.*

III. On recouvre le tout, avec précaution, d'une lamelle couvre-objets. *La préparation ainsi obtenue peut alors être placée sur la platine du microscope et observée.*

IV. Un microtome : l'appareil fonctionne selon le principe d'une machine à découper le jambon.



Cl. Bordas/J.B. Coll. Boubée.



Cl. Bordas/J.B. Coll Boubée



Cl. Bordas/J.B. Coll. Boubée.

ments de Végétaux : moelle de Sureau, Fenouil, Carotte, etc., et constata en chacun la même structure poreuse.

Après lui, les savants — botanistes ou zoologistes — comme Malpighi, Grew, etc., observèrent la présence de ces cellules dans tous les fragments de Végétaux ou d'Animaux qu'ils étudiaient. Cependant — au début du moins — ils ne voyaient que les *parois* de la cellule et ignoraient la nature de son contenu, auquel le physiologiste tchèque Purkinje (1787-1869) donna, en 1839, le nom très vague de *protoplasma* (ou *protoplasme*). Deux ans plus tard, en 1841, le Français Dujardin (1801-1860) montrait que ce contenu était une matière fluide, plus ou moins visqueuse (comme du blanc d'œuf cru) et qu'il s'agissait là de la *matière vivante* proprement dite, les parois de la cellule n'étant qu'une sécrétion superficielle de cette matière vivante : il s'était écoulé quelque 175 ans entre la découverte de la cellule par Hooke et la *théorie cellulaire* affirmant :

— que tout fragment d'Animal ou de Végétal présente une structure cellulaire;

— que la matière vivante est contenue à l'intérieur de la cellule.

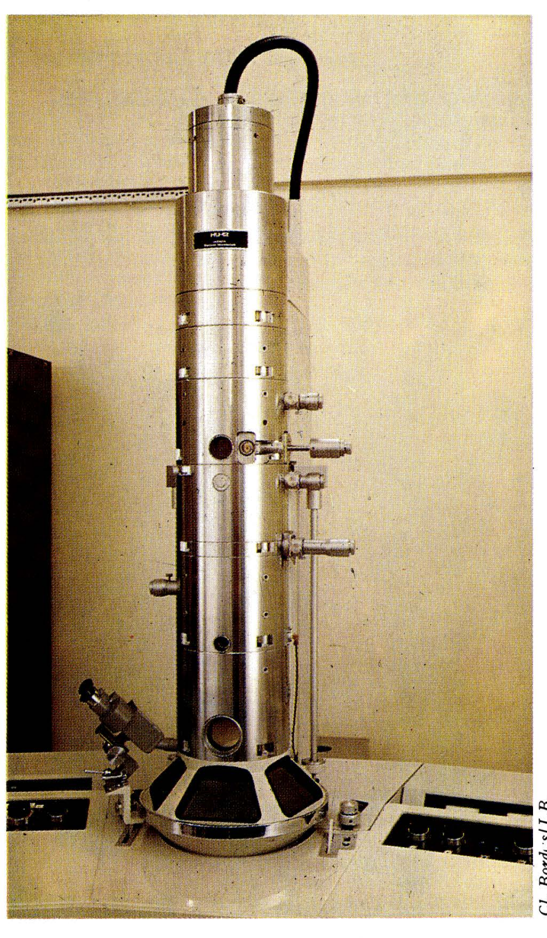
Comment étudier une cellule.

Nous ne parlerons ici que de l'observation directe, microscopique, et non pas des méthodes de la biochimie.

D'une manière générale, l'observation d'un fragment d'organe (tige, feuille, etc.) au microscope se fait comme le montrent les photographies ci-dessus.

Divers problèmes se posent, selon qu'on veut observer des cellules vivantes (observation *in vivo*) ou des cellules mortes (observation *in vitro*).

● *Observation de la cellule vivante.* Le prélèvement du fragment (par coupure ou dilacération d'organes) risque d'altérer les cellules, ce qui rend l'observation *in vivo* délicate. D'autre part, si cette altération n'a pas lieu, la matière vivante contenue dans la cellule (le *protoplasme*) risque elle-même de s'altérer



Cl. Bordas/J.B.

Microscope électronique.

rapidement. Pour éviter cela, on remplace la goutte d'eau par une goutte d'un liquide ne risquant pas de troubler l'équilibre physiologique de la cellule, par exemple une *solution isotonique* de sel marin à 3 % et de saccharose 7,5 %, ou encore le *liquide de Ringer* dont la composition est la suivante (en grammes pour 1 000 g d'eau distillée) :

— chlorure de sodium	6,50 g
— chlorure de calcium	0,12 g
— chlorure de potassium	0,14 g
— bicarbonate de soude	0,20 g
— phosphate monosodique	0,01 g

Un tel liquide contient des ions sodium, potassium et calcium (c'est-à-dire des atomes de sodium, de potassium et de calcium porteurs de charges électriques) ; nous verrons plus loin l'explication de ce fait.

Pour bien voir les différents éléments du protoplasme et les distinguer les uns des autres, on a recours à des *colorants* qui traversent les parois des cellules et se fixent sur tels ou tels éléments, qu'ils mettent ainsi en évidence. La plupart des colorants sont des matières toxiques, qui tuent ou altèrent les cellules; certains d'entre eux ont cependant moins d'inconvénients que les autres : on les appelle des *colorants vitaux*, comme :

— le rouge neutre (en solution dans l'eau à 1 p. 1000);

— le bleu de crésyle;

— le vert Janus; etc.

● *Étude de la cellule morte.* Lorsqu'on tue le protoplasme d'une cellule, celui-ci se comporte comme du blanc d'œuf cuit : il se coagule. Il faut donc prendre un certain nombre de précautions à ce stade de l'opération afin d'obtenir une coagulation ménagée qui ne déforme pas trop les éléments de la cellule : c'est ce qu'on appelle la *fixation*.

— La *fixation* se fait en plongeant un petit fragment de l'organe à observer dans un liquide appelé *fixateur* qui a la propriété de coaguler le protoplasme. Le nombre de fixateurs utilisés est considérable : chacun

a ses caractères spécifiques, protégeant certains éléments plutôt que d'autres, etc. La fixation est la phase la plus importante de l'observation : si elle est réussie, les cellules fixées se conserveront telles quelles, sinon les éléments deviendront impossibles à identifier et la préparation inutilisable. Parmi les fixateurs les plus courants citons : l'alcool éthylique à 95° (action très brutale, peu utilisé actuellement), les solutions d'acide chromique, d'acide osmique, d'acide picrique, de formol, de bichromate de potassium, d'acide acétique dilué, etc.

— Une fois la fixation réalisée, le fragment est déshydraté (par trempage dans de l'alcool éthylique), puis inclus dans un bloc de paraffine solidifiée où il peut se conserver indéfiniment. C'est dans ce bloc qu'on découpe de fines tranches (quelques millièmes de millimètre d'épaisseur) à l'aide d'un *microtome* (voir photographie). Les coupes sont placées sur des lames porte-objets, débarrassées de la paraffine (par immersion dans des solvants convenables) et colorées.

— La coloration des coupes est une opération de précision ; l'expérience a permis de trier les éléments du protoplasme d'après la nature des colorants retenus : ceux qui fixent les colorants acides sont appelés *acidophiles*, ceux qui sont sensibles aux colorants basiques sont *basophiles*, etc.

● *Tout ce qui précède est élémentaire.* Les techniques de laboratoire sont en fait extrêmement délicates et elles sont de plus en plus perfectionnées ; nous signalerons, le cas échéant, certaines méthodes particulières.

L'étude des instruments d'observation relève de l'Optique. On utilise en Botanique, outre le microscope ordinaire, le *microscope polarisant,* pour l'étude des préparations éclairées en lumière polarisée, ce qui permet de reconnaître les corps cristallisés, l'*ultramicroscope* pour l'étude de l'état physique du protoplasme, le *microscope à fluorescence,* éclairé par de la lumière ultraviolette donnant aux différents éléments de la préparation des fluorescences caractéristiques, le *microscope électronique* enfin qui permet des grossissements de l'ordre de × 100 000.

Structure de la cellule végétale.

Première approche.

Pour observer les cellules végétales, prélevons, à l'aide d'une pince, un petit fragment de l'épiderme d'un bulbe d'Oignon, sur la face concave d'une écaille ; plaçons-le dans une solution de saccharose à 6 % (nous comprendrons pourquoi cette précaution est indispensable) et examinons-le au microscope optique. Ce qu'on observe est représenté sur les photographies ci-dessous.

● *En résumé,* une cellule végétale comprend :

— une tunique épaisse, contenant surtout de la cellulose et qu'on appelle pour cette raison une membrane celluloso-pectique (elle n'a rien à voir avec la membrane cytoplasmique) ;

— un noyau comportant un ou plusieurs nucléoles ;

— du cytoplasme, entraîné, dans la cellule vivante, par des « courants » et enveloppé dans une *membrane cytoplasmique ;*

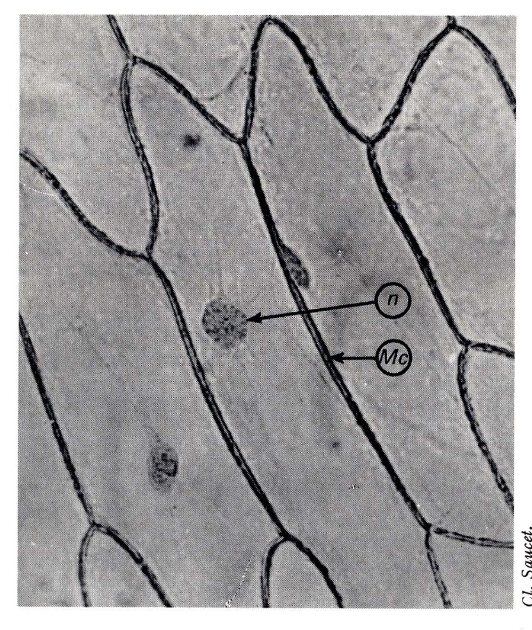
— une ou plusieurs cavités susceptibles de se dilater et de remplir presque tout l'espace cellulaire : les vacuoles ; la propriété qu'elles ont de se dilater en s'emplissant d'une solution de réactif, par exemple, s'appelle la *turgescence ;*

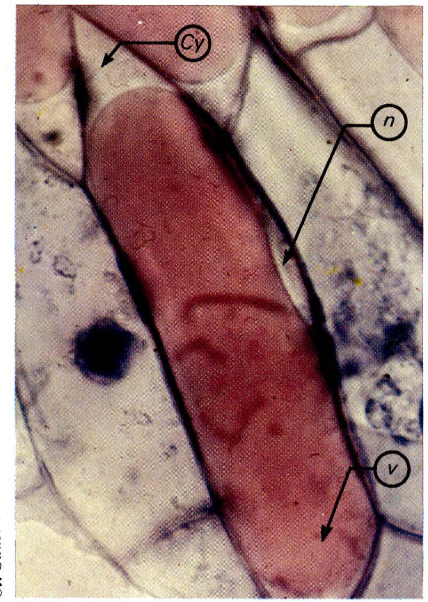
— des mitochondries, dont nous examinerons le rôle et la nature plus loin ;

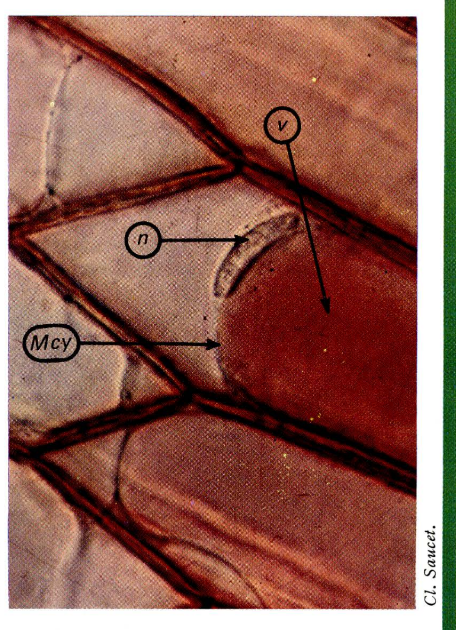
— de petites enclaves, les plastes, pouvant contenir de la chlorophylle *(chloroplastes),* des grains d'amidon *(amyloplastes),* des éléments colorés *(chromoplastes).*

● *Remarque.* On peut comparer avec la cellule animale, (voir page suivante) :

***I. Grossissement : × 400. On n'a pas utilisé de colorant. On constate l'existence de cellules polyédriques bien accolées les unes aux autres, délimitées par une membrane cellulaire* (Mc) *très épaisse. A l'intérieur de certaines cellules, on aperçoit une petite zone sombre, parfois écrasée contre la paroi, parfois bien isolée au milieu de l'espace cellulaire : c'est le noyau* (n).**



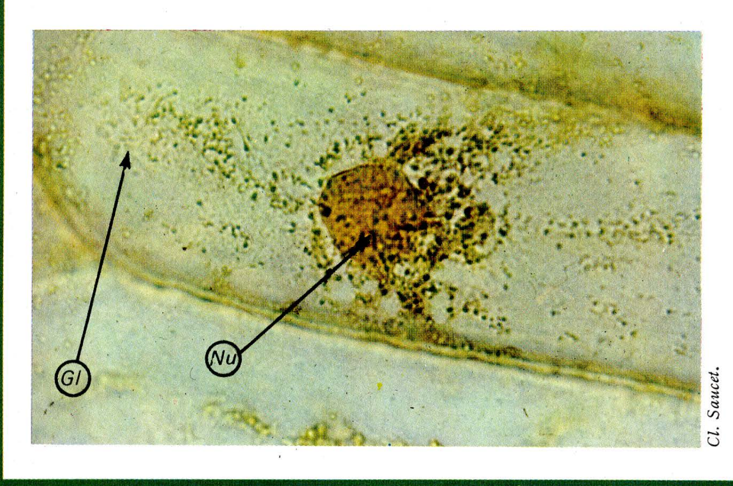




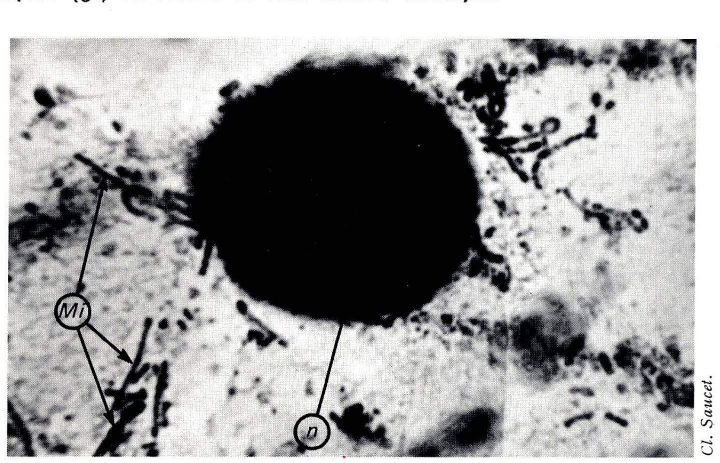
II. × 400. Le lambeau d'épiderme a été placé dans une solution de saccharose à 6 %, colorée par du rouge neutre. On constate que le liquide coloré pénètre dans la cellule, mais ne la remplit pas entièrement : il est concentré dans un espace très vaste par rapport à la taille de la cellule qu'on appelle une* vacuole (v). *Le noyau* (n) *n'est pas coloré, il est écrasé contre la paroi cellulaire. La matière vivante contenue à l'intérieur de la cellule est donc répartie dans une petite région de l'espace cellulaire, en dehors de la vacuole ; cette matière — non teintée par le rouge neutre — a été dénommée* cytoplasme (cy). *Nous verrons plus loin que le cytoplasme n'est pas un liquide homogène, mais un système comprenant de nombreux éléments.

III. × 600. On a utilisé ici une solution de saccharose à 40 %. La vacuole diminue de volume et le cytoplasme entourant le noyau se détache de la paroi épaisse limitant la cellule : on aperçoit, sur la photographie, le cytoplasme entourant le noyau* (n) *et limité par une très fine membrane, la membrane cytoplasmique* (Mcy). *Dans l'observation II, cette délimitation n'était pas visible, la membrane cytoplasmique étant « collée » contre la membrane cellulaire.

IV. × 600. Le lambeau d'épiderme d'Oignon a été placé dans une goutte de* réactif iodo-ioduré *concentré (6 g d'iodure de potassium et 4 g d'iode pour 100 g d'eau distillée). Ce colorant tue la cellule, mais n'en déforme pas trop les éléments ; il est fixé par le noyau, coloré en jaune, et par le cytoplasme (visible dans les angles de la cellule). Nous observons d'autres éléments sur cette photographie : des petits cercles bruns sur l'image du noyau : ce sont les* nucléoles (nu), *et des granulations incolores, appelées* granulations lipidiques (gl) *en raison de leur nature chimique.



***V. × 2 000. Sans coloration. Le très fort grossissement permet d'apercevoir autour du noyau* (n) *des petits filaments appelés* mitochondries (mi). *Avec des techniques particulières de coloration, on pourrait observer d'autres éléments très importants : les* plastes.**



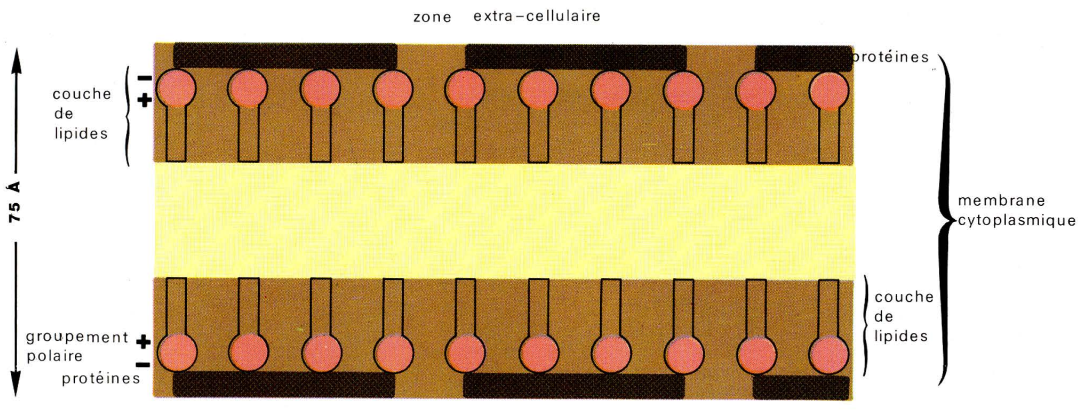
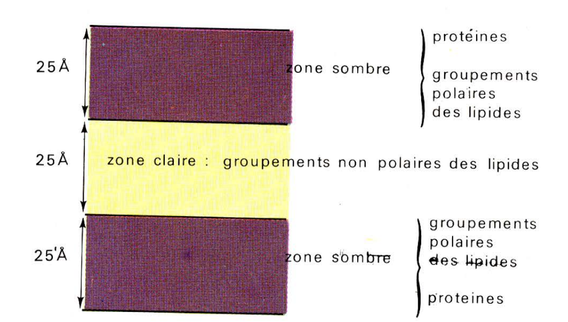
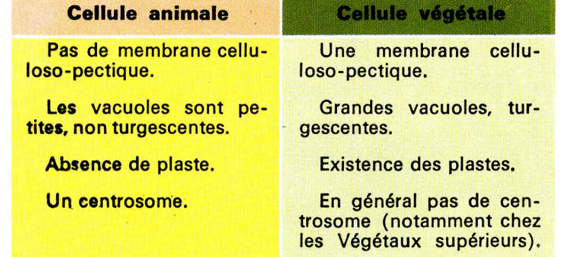


Schéma de Danielli montrant la structure de la membrane cytoplasmique : chaque molécule lipidique possède une partie polarisée tournée vers les molécules de protéine, et une partie non polarisée tournée vers la zone centrale de la membrane. Ce schéma est hypothétique.



Aspect de la membrane cytoplasmique vue au microscope électronique après fixation au permanganate : la zone claire centrale est due au fait que les parties non polaires des molécules lipidiques ne réagissent pas au permanganate ; les zones sombres sont constituées par la partie polaire des phospholipides et les protéines (schématique).



Cellule animale	Cellule végétale
Pas de membrane celluloso-pectique.	Une membrane celluloso-pectique.
Les vacuoles sont petites, non turgescentes.	Grandes vacuoles, turgescentes.
Absence de plaste.	Existence des plastes.
Un centrosome.	En général pas de centrosome (notamment chez les Végétaux supérieurs).

Comparaison entre la cellule animale et la cellule végétale.

● *Comment aller plus loin?* Jusqu'à 1945 environ, il n'était guère possible d'en connaître plus. Les microscopes optiques les plus puissants ne permettaient pas de grossissement supérieur à 3 000. Depuis l'introduction du microscope électronique, qui permet d'atteindre des grossissements de plus de 100 000, on a découvert de nouvelles structures, de plus en plus fines. En outre, par centrifugation, il a été possible d'isoler la plupart des organites cellulaires et d'en déterminer la nature chimique et les propriétés : c'est ainsi qu'en un quart de siècle nos idées sur la cellule et la vie cellulaire ont été considérablement modifiées.

Les constituants de la cellule.

Nous allons décrire ici les divers éléments figurés de la cellule tels que la microscopie électronique et la biochimie nous les ont fait connaître.

● *La membrane cytoplasmique.* Elle limite le cytoplasme, et nous avons dit qu'il ne faut pas la confondre avec la membrane celluloso-pectique qui est le produit des sécrétions cellulaires. L'étude physico-chimique suggère qu'elle est composée de deux couches de molécules lipidiques (plus précisément, des *phospholipides ;* voir la définition dans le tableau ci-contre qui résume quelques notions fondamentales de biochimie), recouvertes chacune par une couche de protéines.

D'autres schémas structurels ont été proposés, qu'il n'y a pas lieu de discuter ici. Retenons donc que la membrane cytoplasmique, dont l'épaisseur moyenne est de l'ordre de 75 Å (1 Å = 0,000 000 01 cm), est composée de deux feuillets sombres et d'un feuillet clair central.

Sur les propriétés de cette membrane, on peut retenir ce qui suit.

RÉSUMÉ DE BIOCHIMIE

Les substances chimiques qui constituent la matière vivante appartiennent à deux catégories :

— les unes ont des molécules relativement simples, qu'on retrouve dans la matière non vivante : ce sont des *substances minérales* (eau, sels de divers métaux, etc.) ;

— les autres ont en général des molécules plus ou moins volumineuses, dont le squelette est une chaîne d'atomes de carbone *(chaîne carbonée) :* ce sont des *substances organiques.*

Parmi les substances organiques, trois familles sont particulièrement importantes : les *glucides,* les *protides,* les *lipides ;* seuls les protides contiennent de l'azote (N).

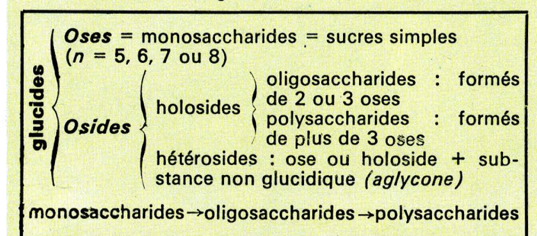
1 - Les glucides (anciennement hydrates de carbone).

● Formule générale (dans la majorité des cas) : $C_n(H_2O)_n$, avec $n > 4$.

● Exemples courants : les divers sucres, les amidons, la cellulose.

● Beaucoup de glucides sont caractérisés, du point de vue physique, par la déviation qu'ils font subir à la lumière polarisée (pouvoir rotatoire) ; ils sont dits *dextrogyres* (symbole : D-) s'ils la dévient dans le sens des aiguilles d'une montre (du point de vue d'un observateur), et *lévogyres* (symbole : L-) dans le cas contraire (cette remarque n'est qu'une approximation).

● Classification des glucides.



glucides
- *Oses* = monosaccharides = sucres simples (n = 5, 6, 7 ou 8)
- *Osides*
  - holosides
    - oligosaccharides : formés de 2 ou 3 oses
    - polysaccharides : formés de plus de 3 oses
  - hétérosides : ose ou holoside + substance non glucidique *(aglycone)*

monosaccharides → oligosaccharides → polysaccharides

● **Les principaux glucides naturels.**

a) **Monosaccharides** $C_n(H_2O)_n$, avec n = 5, 6, 7 ou 8.

Pentoses (n = 5).	
L-arabinose	à l'état libre dans de nombreux Conifères ou à l'état combiné dans certains osides.
D-ribose	à l'état combiné dans certains hétérosides (acides nucléiques, vitamines, enzymes).
désoxy-2 D-ribose	D-ribose dont le carbone n° 2 a perdu un atome d'oxygène ; à l'état combiné dans certains hétérosides comme les acides nucléiques.
D-xylose	à l'état de polysaccharide dans les matières ligneuses.
Hexoses (n = 6).	
D-glucose	le glucide le plus courant ; à l'état libre dans les fruits, le miel, les plantes, etc. ; à l'état combiné dans de nombreux osides.
D-fructose	à l'état libre dans les jus de fruits, etc. ; combiné dans plusieurs polysaccharides.
D-mannose	à l'état combiné dans les polysaccharides.
D-galactose	à l'état combiné dans les polysaccharides.

b) **Oligo- et polysaccharides.**

Saccharose (D-glucose + D-fructose).
Maltose (D-glucose + D-glucose).
Lactose (D-galactose + D-glucose).
Raffinose (D-glucose + D-fructose + D-galactose).
Polysaccharides (plus de 3 oses) : amidons, gomme arabique, agar-agar, cellulose.

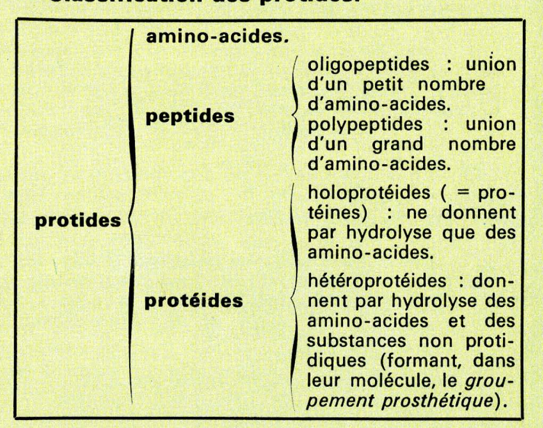
c) **Hétérosides (couramment : glucosides).**

Base azotée combinée au D-ribose : ribonucléoside.
Base azotée combinée au désoxy-2 D-ribose : désoxyribonucléoside.
(La base azotée « purine » combinée au D-ribose donne l'*adénosine,* d'où dérive l'adénosine triphosphate, ou ATP, composé riche en énergie).

2 - Les protides.

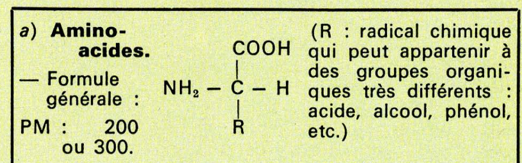
● Substances azotées (comprenant C, H, O, N) qui sont soit des *acides aminés (amino-acides),* soit des substances donnant par hydrolyse (décomposition par action de H_2O) un ou plusieurs acides aminés. Les protides sont les composants les plus importants de la matière vivante (en grec : *protos* = « premier »).

● **Classification des protides.**



protides
- **amino-acides.**
- **peptides**
  - oligopeptides : union d'un petit nombre d'amino-acides.
  - polypeptides : union d'un grand nombre d'amino-acides.
- **protéides**
  - holoprotéides (= protéines) : ne donnent par hydrolyse que des amino-acides.
  - hétéroprotéides : donnent par hydrolyse des amino-acides et des substances non protidiques (formant, dans leur molécule, le *groupement prosthétique*).

● **Les principaux protides naturels.**

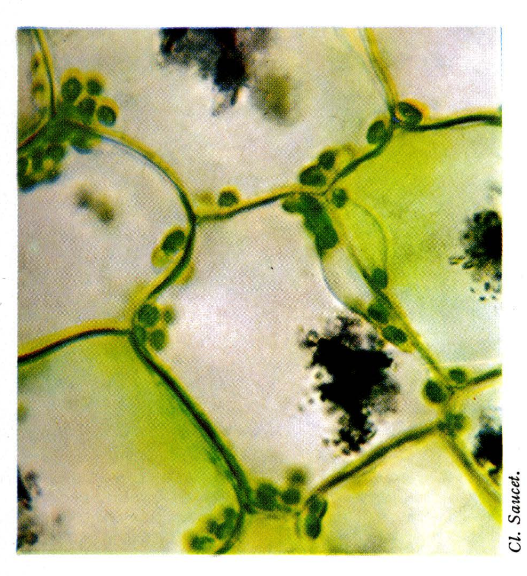


a) **Amino-acides.**
— Formule générale : $NH_2 - \underset{R}{\overset{COOH}{C}} - H$ (R : radical chimique qui peut appartenir à des groupes organiques très différents : acide, alcool, phénol, etc.)
PM : 200 ou 300.

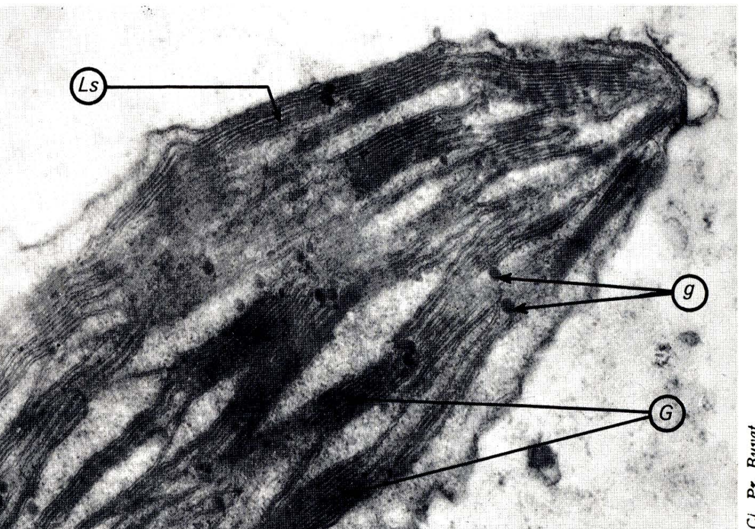
— Si R est une chaîne carbonée linéaire : amino-acides *aliphatiques.* Exemple : glycocolle, alanine, sérine, leucine, lysine, cystéine (possédant un radical sulfuré), etc.

— Si R est un noyau cyclique (tel le benzène) : amino-acides *aromatiques.* Exemple : phénylalanine, tyrosine.

— Si R est un noyau hétérocyclique (voir ci-dessous) : amino-acides *hétérocycliques.* Exemple : tryptophane, histidine.



I. Les organites de couleur verte concentrés dans les angles de la cellule d'une feuille d'Élodée sont des chloroplastes (× 500 env.).



II. Observation d'un chloroplaste au microscope électronique (× 37 000). G : grana; Ls : lamelle stromatique; G : grains colorés par l'osmium.

Ci-dessous, *schéma général d'un plaste vu au microscope électronique.* M : *membrane du plaste (à double feuillet);* S : *stroma (substance fondamentale);* Ls : *lamelle stromatique;* Sac : *saccule;* G : *granum.*

— Le contact entre les membranes cytoplasmiques de deux cellules peut être « ouvert » (existence d'un *espace intercellulaire* entre les deux membranes) ou « fermé » (membranes accolées).

— Il peut exister, entre deux cellules voisines dont les membranes sont accolées, des jonctions intercellulaires.

— La membrane supporte diverses enzymes (substances qui, par leur présence, facilitent certaines réactions chimiques ou physiques), notamment une enzyme nommée *adénosine-triphosphatase* ou *ATPase* qui permet à la cellule de se procurer l'énergie indispensable à son fonctionnement (voir ci-dessous : *Perméabilité cellulaire*).

● *Les mitochondries.* Ces organites, dont la longueur est de l'ordre de quelques microns et l'épaisseur comprise entre 0,5 et 1 micron, existent chez tous les Végétaux, à l'exception des Bactéries. Ce sont des générateurs, des accumulateurs et des transformateurs d'énergie dont le rôle est important dans le métabolisme cellulaire.

● *Les plastes.* Ce sont des organites propres aux Végétaux ; nous décrirons les *chloroplastes* qui contiennent des substances assez bien connues : les chlorophylles (*a* et *b*), les xanthophylles, des caroténoïdes (voir p. 20 la nature et les propriétés de ces substances).

La structure d'un chloroplaste au microscope électronique est indiquée sur la photographie ci-dessus ; le schéma qui l'accompagne est une interprétation générale des plastes. Les chloroplastes ont une forme lenticulaire ; leur diamètre est compris entre 3 et 10 microns, leur épaisseur entre 1 et 2,5 microns.

b) **Polypeptides.**

— Formule générale : amino-acides reliés les uns aux autres par la liaison peptidique $-CO-NH-$; par exemple deux amino-acides, portant respectivement les radicaux R et R', soit :

$$NH_2-\underset{R}{\overset{\boxed{COOH}}{CH}} \qquad \boxed{NH_2}-\underset{R'}{\overset{COOH}{CH}}$$

(On a entouré les groupements qui vont être engagés dans la liaison peptidique.)

peuvent donner le *dipeptide* :

$$NH_2-\underset{R}{CH}-\underbrace{CO-NH}_{\text{liaison peptidique}}-\underset{R'}{\overset{COOH}{CH}}$$

— Le nombre de peptides possibles est considérable (en combinant 20 acides aminés différents de toutes les manières possibles, on peut obtenir 2,3 milliards de milliards de peptides différents !) ; leur PM est de l'ordre de quelques centaines à quelques milliers. Parmi les principaux peptides : la carnosine (histidine et alanine), le glutathion (acide glutamique, cystéine, glycocolle).

c) **Protéides simples ou holoprotéides (protéines).**

Molécules parfois énormes, comprenant un très grand nombre d'acides aminés ; on peut les classer par PM et complexité croissants.

— Protamines : très basiques, ne contenant ni soufre, ni amino-acide aromatique. PM de l'ordre de 3 000.

— Histones : protéines basiques, comprenant du soufre et de la tyrosine (présentes dans les protéines des noyaux cellulaires ou nucléoprotéines).

— Prolamines : zéine du Maïs, gliadine du Riz ; PM élevé.

— Glutélines (Blé, Végétaux divers).

— Albumines : PM entre 50 000 et 100 000, à caractère acide : myoalbumine des muscles, lactalbumine du lait, ovalbumine du blanc d'œuf.

— Globulines : PM de 100 000 à plusieurs millions ; moins acides que les albumines ; coagulent comme elles par la chaleur.

d) **Hétéroprotéides (ou hétéroprotéines).**

— Selon la nature du groupement prosthétique, on parle de glucoprotéides (oses et acides aminés), de lipoprotéides (lipides et amino-acides), de chromoprotéides (pigments et acides aminés), de nucléoprotéides (acide phosphorique, substances organiques complexes et amino-acides), ces dernières — très importantes — présentes dans le noyau des cellules (et dans d'autres constituants cellulaires), etc.

— L'analyse chimique a montré que les chromosomes (animaux ou végétaux) sont constitués par des acides nucléiques (plus précisément l'ADN ou acide désoxyribonucléique) liés à des protéines, autrement dit par des molécules de nucléoprotéides ; on sait maintenant que le contrôle de ce qu'on pourrait appeler la « personnalité biochimique » d'un organisme est sous la dépendance de la partie non protéique des nucléoprotéines, c'est-à-dire, essentiellement, de l'ADN (DNA pour les auteurs anglo-saxons). En fait, il est préférable de dire « les ADN » car, bien que la structure générale des molécules d'ADN soit toujours la même, leur dimension peut varier énormément (PM entre 1 000 000 et 4 000 000 000). L'ADN est formé de deux longues chaînes enroulées l'une autour de l'autre (comme si l'on *tressait* deux fils pour constituer une *double hélice*), chaque chaîne présentant la séquence suivante :

phosphate — sucre — phosphate — sucre — phosphate
(sous chaque sucre : base azotée)

Les bases azotées sont l'adénine, la guanine, la cytosine et la thymine ; le sucre est un pentose, le désoxy-2 D-ribofuranose. Les quatre bases dérivent de composés hétérocycliques (voir ci-dessous : la purine et la pyrimidine).

e) **Remarque sur les composés hétérocycliques.**

— Ce sont des composés qui ont, dans leur molécule, un (ou plusieurs) noyau fermé (comme celui du benzène) ; mais, alors que dans le cas de ce dernier corps (C_6H_6), le noyau est hexagonal, avec un atome de carbone à chaque sommet, un noyau hétérocyclique (qui n'est pas forcément hexagonal : il peut être pentagonal) comporte à chaque sommet soit un atome de carbone, soit un atome différent (N par exemple).

— C'est le cas, par exemple, de deux bases hétérocycliques importantes, la pyrimidine et la purine, dont les formules développées sont :

Pyrimidine : N—CH, HC CH, N=CH (cycle hexagonal)

Purine : N=CH, HC C—N, CH, N—C—NH (cycles hexagonal et pentagonal accolés)

Parmi les noyaux hétérocycliques les plus importants, on peut citer le pyrrole (pentagonal, avec 4 C et 1 N), l'indole (un hexagone et un pentagone accolés, avec 8 C et 1 N), l'imidazole (un pentagone ; 2 N et 3 C), et le pyrazole (un pentagone ; 2 N et 3 C).

— Les alcaloïdes sont des substances azotées basiques renfermant un ou plusieurs noyaux hétérocycliques ; ils sont produits par les végétaux et confèrent aux plantes leurs propriétés physiologiques (médicinales, hallucinogènes, etc.).

3 - Les lipides.

● Définition : les lipides sont le résultat de la combinaison d'un *acide gras* (acide organique à PM élevé) et d'un alcool (glycérol, etc.). On les appelait autrefois des « graisses ». On distingue les *lipides ternaires*, qui ne contiennent dans leur molécule que C, H et O, et les *lipides complexes* qui comportent en outre d'autres éléments.

● Les lipides ternaires sont les *glycérides* (combinaison de glycérol et de divers acides gras ; le glycérol — ou glycérine — a pour formule $CH_2OH-CHOH-CH_2OH$), les stérides (stérols et acides gras), et les cérides ou cires.

● Les lipides complexes les plus intéressants, du point de vue qui nous occupe, sont les phospho-amino-lipides (glycérol, acides gras, acide phosphorique, colamine ou choline). Les plus importants des phospho-amino-lipides sont les lécithines.

● Le comportement des molécules lipidiques vis-à-vis de l'eau est très important. Tous les lipides comportent, dans leur molécule, une ou plusieurs chaînes hydrocarbonées de la forme :

$$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-\ldots-CH_3$$

Ces chaînes n'ont aucune affinité pour l'eau : elles sont *hydrophobes*. Les glycérides, uniquement composés de telles chaînes, sont rigoureusement imperméables à l'eau ; par contre les lécithines ont, dans leurs molécules, des groupements capables d'absorber de l'eau par imbibition (groupements *hydrophiles*), liés aux groupements hydrophobes.

il est actuellement prouvé que les plastes, comme les mitochondries, contiennent de l'ADN (voir le tableau résumé de biochimie, ci-dessus).

● *L'ergastoplasme.* La microscopie électronique a montré qu'il existait, dans le cytoplasme, un système de membranes limitant des cavités de formes diverses (canaux, sacs aplatis, petites vésicules, etc.), distribuées concentriquement autour du noyau ou des mitochondries et qui peuvent ou non se rejoindre (s'anastomoser). Ce système est le *reticulum endoplasmique* ou *ergastoplasme,* le terme *reticulum* (en latin : « petit filet ») rappelant l'image microscopique.

A vrai dire, ces formations avaient été aperçues dans certaines cellules sécrétrices des glandes salivaires et des glandes lacrymales, en 1897, par Garnier ; mais c'est la microscopie électronique qui a montré la structure de cet ergastoplasme et sa présence dans presque toutes les cellules vivantes (il semble être absent chez les Bactéries).

Le *reticulum endoplasmique* est bordé par une *membrane endoplasmique* qui peut porter sur sa face externe des granulations opaques appelées *ribosomes* ou *grains de Palade,* contenant de l'ARN.

L'ergastoplasme a quatre rôles principaux : c'est une barrière entre deux milieux différents (le contenu des cavités de l'ergastoplasme d'une part et le reste du cytoplasme d'autre part) ; il est un moyen de transit pour diverses substances ; il joue un rôle important dans la synthèse des protéines (voir p. 29), il conduit des excitations.

● *L'appareil de Golgi* (médecin italien, 1844-1926, qui a étudié le système nerveux et mis en évidence l'appareil qui porte son nom).

On désigne ainsi un ensemble d'éléments appelés *dictyosomes* qui peuvent être isolés ou diversement groupés.

● *Le centrosome.* C'est une petite sphère de cytoplasme clair, possédant en son centre une granulation sombre appelée *centriole.* Le centrosome existe dans les cellules des Animaux et des Végétaux inférieurs ; il est absent chez les Végétaux supérieurs.

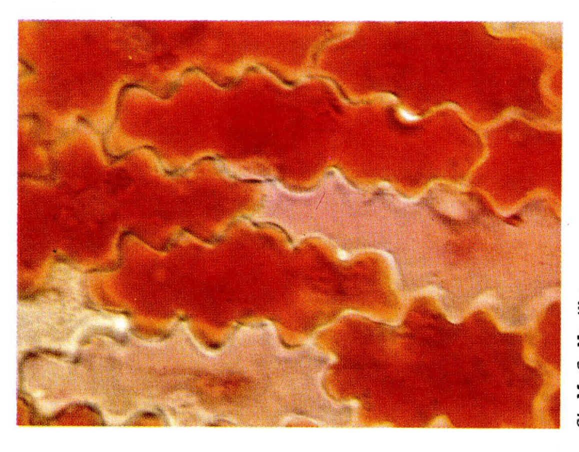
● *Enclaves inertes.* Elles sont nombreuses : substances de réserve (glucides, protides), gouttelettes lipidiques, pigments (de nature chimique très variée, donnant leur couleur aux êtres vivants), corpuscules minéraux qui se forment dans la cellule et y restent emprisonnés, etc. Enfin, les *vacuoles* sont des gouttelettes de solutions aqueuses enveloppées d'une pellicule semblable à une membrane ergastoplasmique ou cytoplasmique ; les vacuoles sont très développées et turgescentes chez les Végétaux (voir plus haut).

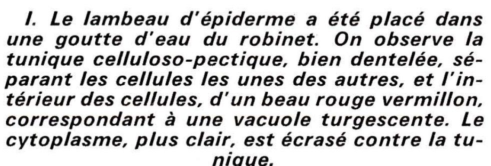
● *Le noyau.* Toutes les cellules, animales ou végétales, comportent un *noyau* (radical grec : *karuon*). Le noyau est généralement limité par une *membrane nucléaire* et rempli d'un liquide : le *suc nucléaire* (ou *nucléoplasme,* ou *caryolymphe*) au sein duquel s'étend un réseau de fins filaments, ou *reticulum chromatique,* lequel peut se résoudre en éléments différenciés, les *chromosomes* (voir p. 23). Le noyau renferme aussi un, deux ou plusieurs corpuscules : les *nucléoles.* C'est dans le noyau qu'on a découvert la présence de deux acides appelés acides nucléiques : l'*acide ribonucléique,* désigné par l'abréviation ARN, présent dans le nucléole, et l'*acide désoxyribonucléique* (en abrégé : ADN) qui se trouve dans les chromosomes. Les acides nucléiques ont une masse moléculaire énorme (de l'ordre du million) et une structure très complexe. L'ARN et l'ADN existent en d'autres éléments que dans le noyau ; ils jouent un rôle considérable dans les phénomènes de la vie.

Vie de la cellule végétale.

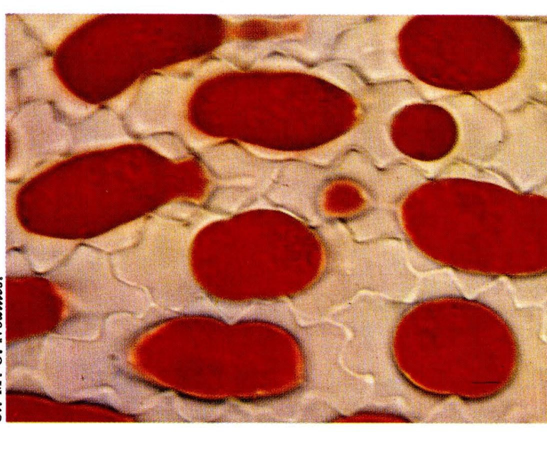
Les échanges cellulaires.

L'existence d'une cellule est faite essentiellement d'échanges avec le milieu extérieur auquel elle emprunte les matériaux indispensables à sa vie et dans lequel elle rejette soit des déchets, soit des substances qu'elle a élaborées. Ces échanges se font à travers la membrane cytoplasmique qui est plus ou moins perméable. La perméabilité de la membrane est *sélective,* c'est-à-dire qu'elle ne laisse passer que certaines substances, et dans un certain sens seulement ; elle dépend en outre des conditions dans lesquelles se trouve la cellule : acidité du milieu, température, présence ou absence de lumière, etc.





I. Le lambeau d'épiderme a été placé dans une goutte d'eau du robinet. On observe la tunique celluloso-pectique, bien dentelée, séparant les cellules les unes des autres, et l'intérieur des cellules, d'un beau rouge vermillon, correspondant à une vacuole turgescente. Le cytoplasme, plus clair, est écrasé contre la tunique.



Cl. M.-C. Noailles.

II. Le même lambeau, placé dans une goutte de solution de saccharose à 40 %. La vacuole a diminué de volume et sa coloration est plus intense ; le cytoplasme s'est décollé de la tunique et a suivi la contraction de la vacuole. On dit qu'il y a eu plasmolyse.

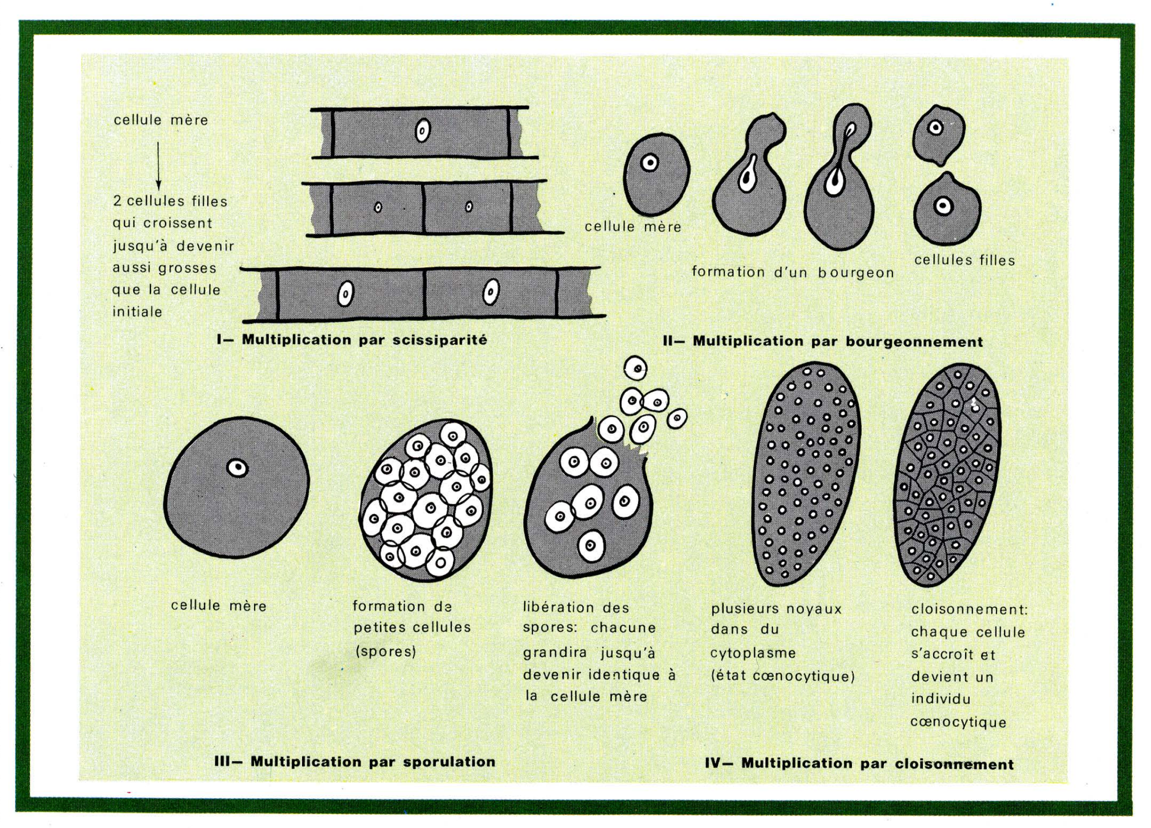
● *Les processus de perméabilité sont complexes.* On peut les étudier en utilisant des substances radioactives *(substances marquées)* dont on observe la présence avec des compteurs. On constate ainsi l'existence de deux processus principaux pour l'absorption des *ions* (c'est-à-dire des atomes ou groupements d'atomes porteurs d'une ou plusieurs charges élémentaires d'électricité) :

— un processus passif, qui fait intervenir des mécanismes physiques bien connus (diffusion, osmose) ; les ions ne peuvent dépasser, à l'intérieur de la cellule, une certaine *barrière de diffusion ;*

— un processus actif, qui permet aux ions de pénétrer plus profondément dans la cellule sous l'influence de phénomènes secondaires augmentant leur pouvoir de pénétration ; les ions peuvent atteindre alors les vacuoles cellulaires.

● *L'entrée et la sortie de l'eau* dans les cellules est un aspect important de la perméabilité cellulaire. Les deux photographies ci-dessus, qui montrent des cellules constituant l'épiderme d'un pétale d'Anémone, mettent en évidence le phénomène de *plasmolyse.*

L'explication de ce phénomène fait appel au principe de l'*osmose :* quand deux solutions (aqueuses en la circonstance) sont placées de part et d'autre d'une membrane perméable, l'eau traverse cette membrane en passant du *milieu le plus dilué* (milieu hypotonique) dans le *milieu le plus concentré* (hypertonique). Ici, la membrane perméable n'est autre que la membrane cytoplasmique (et non pas la tunique celluloso-pectique qui joue plutôt le rôle d'un papier-filtre). Dans la première observation, le suc vacuolaire qui comprend une solution à 6 % de saccharose est plus concentré que l'eau du robinet (qui en principe ne contient pas de saccharose) ; par conséquent l'eau a tendance à passer du cytoplasme dans lequel elle a pénétré vers la vacuole qui devient turgescente et se gonfle considérablement. Dans la seconde observation, le milieu du cytoplasme comprend de l'eau à 40 % de saccharose, c'est-à-dire une solution plus concentrée que celle qui se trouve à l'intérieur de la vacuole ; l'eau a donc tendance à passer de la vacuole vers le milieu extérieur : la vacuole diminue de volume. Il y a eu *plasmolyse.* Si l'on replaçait le lambeau d'épiderme dans



Les divers modes de multiplication cellulaire.

l'eau du robinet, la cellule reprendrait son aspect primitif : on dirait qu'il y a eu *déplasmolyse.* Inutile de dire que ces brusques échanges d'eau à l'intérieur de la cellule perturbent celle-ci et la tuent très rapidement.

● *Les échanges concernant d'autres substances* que les ions ou l'eau sucrée correspondent à des mécanismes complexes qui ne peuvent s'expliquer par les simples processus d'osmose ou de diffusion. Le transit de certaines substances implique une combinaison temporaire de ces substances avec les éléments constitutifs de la membrane : tout se passe comme s'il s'agissait de « colis » qui ne pourraient franchir une frontière que dans des caisses d'un volume et d'une couleur bien déterminés par exemple. Cette « mise en caisse » exigerait, en plus de l'énergie de transit, une énergie supplémentaire; il en est de même pour les substances qui se combinent provisoirement avec les éléments de la membrane : cette combinaison exige un apport d'énergie, donc la présence au niveau de la membrane d'*enzymes énergétiques.* L'état de nos connaissances en cette matière est encore embryonnaire.

● *La pinocytose.* C'est un processus d'absorption d'éléments solides par la cellule qui a été mis en évidence par Lewis en 1931. Elle consiste en l'emprisonnement de certaines macromolécules (très grosses molécules), trop volumineuses pour traverser directement la membrane, dans un repli de la membrane cytoplasmique; c'est un processus analogue à la phagocytose.

Multiplication cellulaire.

Il faut distinguer la reproduction de la cellule et celle de l'être vivant dans son ensemble. Pour la cellule, la multiplication se fait par *mitose* (voir p. 23), méiose (voir *idem*) ou amitose (très rare). A l'échelle de l'être vivant la reproduction peut être soit *sexuée,* par voie de fécondation (voir p. 23), soit *asexuée.*

Nous avons rappelé sur la figure de la page ci-contre les principaux modes de reproduction asexuée: le *cloisonnement transversal* (ou *scissiparité*), le *bourgeonnement* (ou *gemmiparité*), la *sporulation,* la *formation libre* par cloisonnement simultané. La *fécondation* (union de deux gamètes pour former un *zygote*) intervient dans un phénomène de *reproduction* et non pas de simple *multiplication cellulaire.*

LES TISSUS VÉGÉTAUX.

La notion de *tissu* organique est familière : elle désigne communément un ensemble de cellules ayant même nature et même fonction.

Ainsi tous les éléments osseux de notre squelette comprennent des cellules typiques, différentes par leur forme, leur taille, leurs constituants, leur activité, etc., de celles qui constituent l'épiderme par exemple : dans un cas elles forment le *tissu osseux,* dans l'autre le *tissu épidermique,* etc. La spécialisation des cellules correspond à la notion de *division du travail physiologique :* la vie d'un être vivant suppose l'accomplissement d'un grand nombre de fonctions diverses, par des organes adaptés à ces fonctions en vertu des tissus qui les composent.

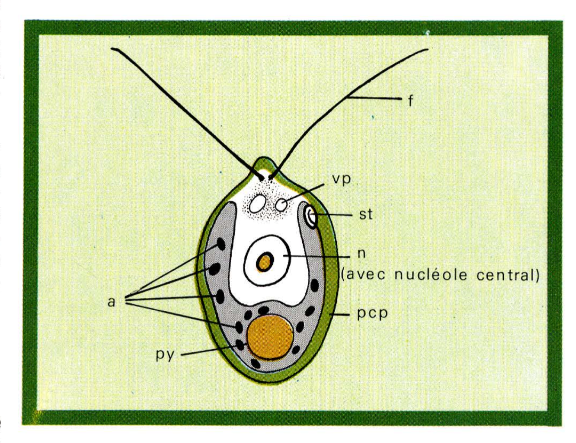
L'étude des tissus végétaux est particulièrement intéressante du point de vue de la biologie, car ils sont plus simples que les tissus animaux et leur fonctionnement éclaire celui de ces derniers. Chez les Végétaux inférieurs, comme les Champignons ou les Algues, on ne peut parler de tissus proprement dits; ce n'est qu'à partir des Végétaux vasculaires, c'est-à-dire des Végétaux possédant des éléments conducteurs dans lesquels circule la sève, qu'il peut être question de tissus. Néanmoins nous commencerons par la description des pseudo-tissus rencontrés chez les Végétaux non vasculaires.

Les Végétaux non vasculaires.

Végétaux unicellulaires : la notion d'archéthalle.

Un Végétal unicellulaire est, comme son nom l'indique, composé d'une seule cellule qui peut, à la rigueur, vivre isolée; en fait on observera une *colonie* de Végétaux unicellulaires, vivant tous ensemble dans un milieu donné; c'est le cas des Bactéries d'un bouillon de culture, des Levures, de certaines Algues, etc.

Pour un tel être, il n'est pas question de parler de tissu, puisqu'il ne compte qu'un élément cellulaire. Mais on peut déjà apercevoir, dans certains cas, l'application du principe de la division du travail physiologique. Prenons l'exemple d'une Algue verte d'eau douce du genre *Chlamydomonas;* le mot « Algue » ne doit pas faire nécessairement songer à des rubans végétaux flottants : *Chlamydomonas* est un petit organisme unicellulaire qui mesure entre 15 et 20 microns de long (1 micron = 1/1000 mm), dont l'aspect schématique, à l'observation microscopique, est donné par la figure suivante.



Chlamydomonas
a : grains d'amidon; f : flagelle; n : noyau; pcp : paroi celluloso-pectique; py : pyrénoide; st : stigma; vp : vacuole pulsatile.

On distingue dans cette cellule un *pôle antérieur,* où se trouvent implantés les deux flagelles (*f*) permettant au Végétal de « nager » dans l'eau, et un *pôle postérieur.* Il apparaît nettement que ces deux régions ont un rôle différent dans la vie de la cellule.

● *Le pôle antérieur* comprend, outre les flagelles, des vacuoles pulsatiles et un corpuscule de teinte orangée appelé *stigma;* ce dernier contient du carotène et paraît en relation avec le *phototactisme* de *Chlamydomonas,* c'est-à-dire avec le fait que cette Algue s'oriente dans la direction de la lumière.

● *Le pôle postérieur* comprend une accumulation de grains d'amidon et un corps volumineux, d'aspect cristallisé, protéique : le *pyrénoide,* considéré comme une réserve nutritive. Ainsi donc la cellule unique constituant *Chlamydomonas* n'est pas quelque chose d'homogène : il y a une différence de forme et de fonction entre le pôle antérieur, spécialisé dans la locomotion (les flagelles) et la sensibilité à la lumière (le stigma), et le pôle postérieur, dont le rôle est lié à la nutrition de la cellule : il y a donc un embryon de division du travail physiologique.

● *Une notion importante.* Quand on considère une plante supérieure, on appelle *appareil végétatif* l'ensemble des organes qui contribuent à sa vie et à sa croissance (racines, feuilles, tiges). Pour un Végétal inférieur — par exemple un Champignon — où l'on ne peut distinguer racines, tiges et feuilles, on donne à l'ensemble de l'organisme le nom de *thalle* (en grec *thallos* = « rameau »); nous avons d'ailleurs distingué précédemment (voir p. 3) les Végétaux à thalle ou *Thallophytes* et les plantes à cormus (*kormos* = « tige ») ou *Cormophytes.*

Dans le cas de l'Algue verte microscopique qui nous occupe, il semble difficile de dire que sa cellule constitue un *thalle;* on préfère parler d'*archéthalle* (« thalle primitif »). Lorsque tous les individus unicellulaires, tout en conservant leur autonomie, restent unis les uns aux autres après s'être multipliés, ils forment un *archéthalle typique;* s'ils se séparent, ils constituent un *archéthalle isolé.*

Thalles cœnocytiques (ou cénocytiques).

Cette expression savante recouvre un fait biologique très simple : un organisme qui ne comporte que des noyaux, sans cloison cellulaire, est un cénocyte (*koinos* = « commun », *kutos* = « cellule »). On admet qu'à chaque noyau correspond une cellule « virtuelle » nommée *énergide.* Si l'on examine au microscope un fragment de moisissure blanche *(Mucor)* comme on en trouve sur du pain qui a séjourné trop longtemps en un lieu humide et chaud, on constate qu'elle est formée de petits rameaux comportant de nombreux noyaux disséminés dans un protoplasme non cloisonné : le thalle de *Mucor* est donc un *thalle cénocytique.*

Les individus cénocytiques sont très peu évolués, biologiquement parlant; ils sont parfois relativement grands, mais aucune de leurs parties ne se distingue des autres, du point de vue cytologique. Ainsi une Algue marine vivant dans les mers chaudes, *Caulerpa prolifera,* ressemble, extérieurement, à un Végétal supérieur : elle mesure quelque 20 cm de haut et *semble* avoir de petites racines, une tige, des feuilles. En fait il n'en est rien : si l'on pratique une coupe dans le thalle à un niveau quelconque, on ne trouve qu'un protoplasme indivis renfermant de nombreux noyaux, sans cloison. La racine est donc une pseudo-racine, la tige, une pseudo-tige et les feuilles des pseudo-feuilles.

Les Végétaux inférieurs pluricellulaires.

● *Les Thallophytes* ne sont pas tous semblables, dans leur structure, aux Chlamydomonas et aux Caulerpes. Ils peuvent être formés de plusieurs cellules distinctes, c'est-à-dire appartenir à la catégorie des *Végétaux pluricellulaires :* tels sont de nombreux Champignons dont le thalle — appelé aussi *mycélium,* voir p. 51 — est constitué de filaments ramifiés et enchevêtrés, composés de cellules cylindriques toutes semblables mises bout à bout.

Dans certains cas, ces filaments peuvent être agglomérés et former des thalles massifs; par exemple, le *Champignon de couche* ou *Champignon de Paris,* bien connu de nos lecteurs, comporte un *pied* blanc, porteur d'une petite *collerette* et surmonté d'un *chapeau* sous lequel rayonnent des *lamelles.* Les différentes parties de ce thalle semblent donc composées de tissus distincts. En fait, quelle que soit la partie du Champignon qu'on examine au microscope, on retrouve toujours la même image de filaments enchevêtrés, constitués de cellules identiques. A ces *faux tissus,* fréquents chez les Champignons supérieurs, on donne le nom de *plectenchyme* ou de *stroma.*

● *Les Mousses et de nombreuses Algues* comme le Fucus, dont les écaillers se servent pour emballer les Huîtres, ont un thalle massif dans lequel on reconnaît certaines cellules spécialisées dans des fonctions bien définies (cellules assimilatrices, etc.). Les cellules différenciées constituent déjà de vrais tissus et non plus un stroma anarchique. C'est cependant avec les Végétaux vasculaires que l'on va pouvoir parler, véritablement, de tissus organiques.

Les Végétaux vasculaires.

Une plante vasculaire est formée d'*organes* (racines, tiges, feuilles, fleurs chez les végétaux les plus évolués) constitués de *tissus;* on en distingue six catégories :

— les *méristèmes,* dont nous verrons le rôle plus loin;
— les tissus conjonctifs ou *parenchymes,* tissus de remplissage qui unissent entre eux les autres tissus;
— les tissus de soutien;
— les tissus de revêtement;
— les tissus conducteurs;
— les tissus excréteurs.

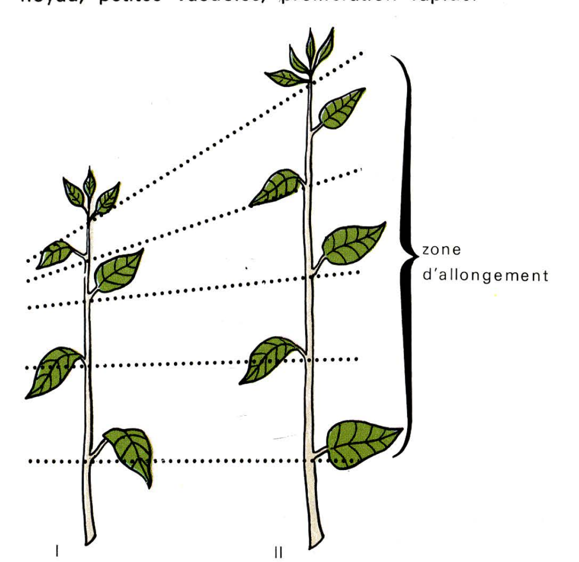
Pour observer ces tissus, on pratique dans l'organe étudié une fine coupe, que l'on colore pour examen microscopique selon les techniques habituelles.

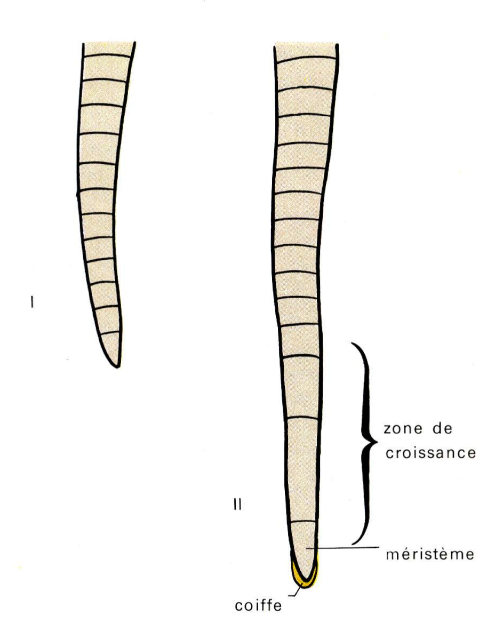
Les méristèmes.

Ce sont des groupes de cellules indifférenciées (c'est-à-dire qui ne remplissent pas une fonction déterminée) susceptibles de proliférer activement. Les cellules ainsi produites se différencient par la suite et s'ajoutent aux tissus déjà spécialisés, permettant ainsi la croissance des organes de la plante.

● *Les méristèmes apicaux.* On désigne ainsi les méristèmes qui se trouvent au sommet (en latin : *apex*) de la tige, de la racine, de leurs ramifications, des bourgeons, etc. L'observation montre que la croissance de ces organes se fait par leur extrémité (voir figure), plus précisément au niveau de la région *subterminale* (l'extrémité proprement dite est occupée par le méristème qui prolifère). Les cellules méristématiques ont

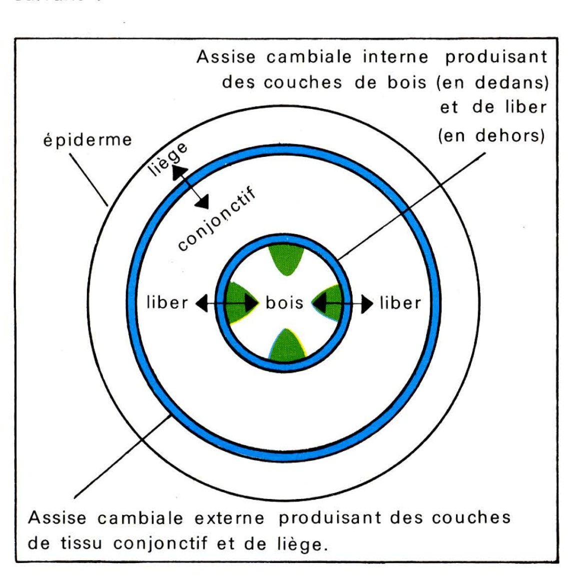
des caractères bien reconnaissables, propres à toutes les cellules jeunes (cellules embryonnaires) : gros noyau, petites vacuoles, prolifération rapide.





Croissance en longueur de la tige et de la racine.

● *Les cambiums* sont des méristèmes formés de cellules dérivées des méristèmes apicaux ; on les trouve dans certaines parties de la tige et des racines chez les Gymnospermes et chez les Angiospermes Dicotylédones ; ces cellules constituent deux assises circulaires proliférant dans le sens de l'épaisseur selon le schéma suivant :



Croissance en épaisseur à partir des assises cambiales.

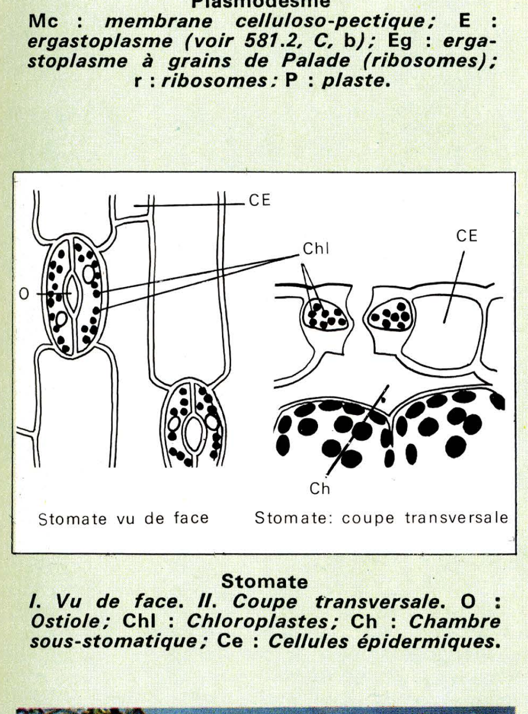
Les autres tissus végétaux.

Ils sont énumérés dans le tableau ci-dessous.

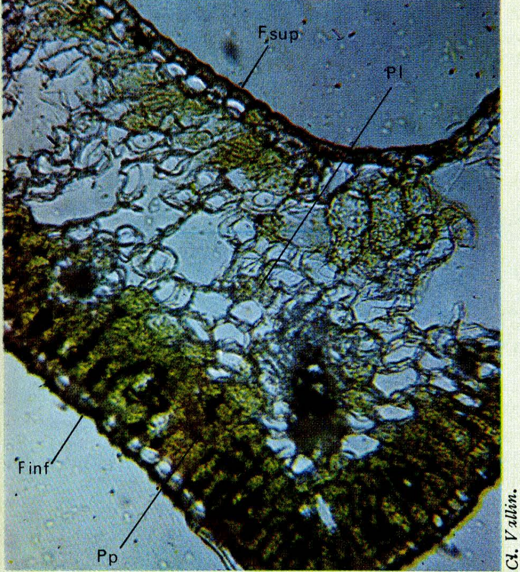
Tissus	Variétés	Exemples et observations
Parenchymes (tissus conjonctifs) Formés de cellules peu différenciées ; deux variétés : le *parenchyme chlorophyllien* et le *parenchyme à réserves.*	1. Parenchyme chlorophyllien (nombreux chloroplastes) : *palissadique :* cellules hautes et serrées. *lacuneux :* présence de grands espaces vides où circulent des gaz (oxygène, CO_2) 2. Parenchyme à réserves : contenues dans de grandes vacuoles : eau (*parenchyme aquifère*), glucides. contenues dans des plastes (amidon).	1. Voir la photographie qui fait suite à ce tableau. 2. Les cellules parenchymateuses de la tige des *plantes grasses* « stockent » des réserves d'eau dans de grandes vacuoles ; le tubercule de la Betterave est riche en glucides (saccharose) ; « grains d'amidon » de la Pomme de terre.
Tissus de soutien Servent d'armature aux parties aériennes des Végétaux ; deux variétés : le *collenchyme* (cellulosique) et le *sclérenchyme* (lignifié).	1. Collenchyme : cellules prismatiques, plus ou moins allongées, dont la tunique celluloso-pectique est épaissie surtout aux angles. Cette membrane n'interdit pas toutes relations entre les cellules qui communiquent par des petits canaux : les *plasmodesmes* (voir figure ci-contre). 2. Sclérenchyme : cellules dont les parois contiennent de la *lignine : a*) cellules polyédriques, peu allongées : enveloppe dure des fruits secs comme la Noisette, noyaux (de Cerises, de Pêches, etc.) ; *b*) cellules allongées ou *fibres* (Lin, Jute).	
Tissus de revêtement Ils recouvrent les organes des Végétaux, qu'ils protègent contre la sécheresse, la trop grande humidité, les agressions extérieures. Ils sont absents à l'extrémité des racines où les échanges avec le milieu extérieur sont indispensables à la vie de la plante ; partout ailleurs ils comportent des « pores » permettant notamment des échanges gazeux. Deux variétés : le *liège* ou *suber* et l'*épiderme.*	1. Les *épidermes :* une ou plusieurs assises de cellules, sans chlorophylle ; les tuniques celluloso-pectiques contiennent parfois des éléments minéraux (calcaire, silice, etc.). Les cellules épidermiques sont revêtues d'une fine pellicule, la *cuticule,* qui est formée d'une substance lipidique, la *cutine.* Certaines cellules d'organes aériens peuvent posséder en outre un revêtement de *cire* (ex. : le Palmier à cire, *Copernicia cerifera*). 2. Le *liège* ou *suber :* tissu qui revêt les organes aériens ou souterrains, formé de cellules mortes, remplies d'air, disposées en séries et dont la tunique comprend une matière proche de la cutine, la *subérine.* La photographie qui fait suite à ce tableau (coupe dans le limbe d'une feuille de Poireau) met en évidence la couche de cellules épidermiques recouvrant les parenchymes.	Les épidermes comportent parfois des *poils,* de structures très variées (duvets, poils urticants de l'Ortie, etc.). Certaines cellules épidermiques spécialisées forment des *stomates* qui jouent un rôle important dans la transpiration des plantes (voir p. 13) ; les deux cellules constituant un stomate sont pourvues de chloroplastes.
Tissus conducteurs Ce sont les tissus qui sont constitués par les vaisseaux conducteurs des *sèves,* liquides nourriciers de la plante. Ils sont formés de cellules allongées dans la direction du grand axe de l'organe. Deux variétés : les *tubes criblés* et les *éléments conducteurs ligneux.*	L'importance de l'appareil vasculaire est telle qu'une description détaillée s'impose : voir le texte *latex* (voir p. 110).	
Tissus excréteurs Cellules isolées ou groupées, dispersées dans les parenchymes des divers organes de la plante, élaborant et excrétant, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur de la plante, des substances qu'on interprète comme des *déchets* du métabolisme : gommes-résines, alcaloïdes, tanins, mucilages, essences (parfums), etc.	1. Cellules excrétrices isolées. 2. Épidermes excréteurs : les huiles aromatiques (essences) fabriquées par la plante s'accumulent dans des cellules épidermiques ou dans certaines cellules épidermiques spécialisées jouant le rôle de *glandes,* ou encore dans des *poils excréteurs,* et s'échappent progressivement par évaporation dans l'atmosphère (d'où l'odeur parfumée des fleurs ou l'odeur fétide de la Vulvaire par exemple). 3. Cavités excrétrices : ce sont des *poches* ou des *canaux* ménagés dans le parenchyme dans lesquels sont déversées les substances élaborées par les cellules excrétrices qui les bordent. 4. Cellules laticifères : cellules dans lesquelles s'accumule un mélange complexe, liquide, appelé ci-contre, p. 11.	Ex. : Cellules à essence du Camphrier dans lesquelles se forme le *camphre.* Ex. : Épidermes des pétales de fleurs (essences diffuses), glandes du Chanvre ou du Houblon, des Labiées (Thym, Menthe, Lavande, etc.), des Solanacées (Tabac, Tomate, etc.). Ex. : Agrumes, Eucalyptus, etc. Ex. : Pavot (dont le latex desséché constitue l'*opium*), Hévéa (dont le latex est utilisé pour la préparation du caoutchouc), etc.

Illustrations

Plasmodesme
Mc : *membrane celluloso-pectique;* E : *ergastoplasme (voir 581.2, C, b);* Eg : *ergastoplasme à grains de Palade (ribosomes);* r : *ribosomes;* P : *plaste.*



Stomate
I. Vu de face. II. Coupe transversale. O : *Ostiole;* Chl : *Chloroplastes;* Ch : *Chambre sous-stomatique;* Ce : *Cellules épidermiques.*



Coupe transversale dans le limbe d'une feuille fraîche de Poireau.
La couche épidermique, dépourvue de chlorophylle (F inf et F sup), recouvre le parenchyme palissadique (Pp); au centre de la préparation : parenchyme lacuneux (Pl), dans les lacunes duquel circule l'air qui a pénétré dans la feuille par les stomates (invisibles sur la photographie).

L'appareil vasculaire des Végétaux.

Rappelons que les tissus conducteurs n'existent ni chez les Champignons ni chez les Algues, ni même chez les Bryophytes (Mousses, etc.) ; il n'y a de véritable vascularisation qu'à partir des Cryptogames vasculaires (c'est-à-dire des *Ptéridophytes :* Fougères, etc.). L'appareil vasculaire des Végétaux comprend deux ensembles : les *éléments ligneux,* conducteurs de la sève brute, et les *tubes criblés,* conducteurs de la sève élaborée. Les premiers forment la partie essentielle du *bois* (qui comprend aussi des éléments non conducteurs), les seconds constituent le *liber* ou *phloème.*

Les éléments conducteurs du bois.

Ils sont formés de cellules très allongées dont les parois sont *lignifiées* (contiennent de la lignine) et qui perdent très vite leur vitalité. Ces éléments présentent différents aspects appelés *ornementations :* ils peuvent comporter une partie non lignifiée *(ponctuations)* ou des *perforations.* Selon la disposition de ces ornements, on parle de ponctuations annelées, spiralées, en traits, en barreaux d'échelle, etc., et de perforations réticulées, en grilles, grandes, irrégulières, etc.

● *Dans les éléments ponctués,* le transit a lieu à travers les parties non lignifiées, c'est-à-dire à travers les membranes perméables : c'est le cas des *trachéides,* petits éléments conducteurs de quelques millimètres de longueur qui communiquent latéralement et verticalement avec les éléments voisins à travers les ponctuations.

● *Par contre, dans les vaisseaux proprement dits,* la communication verticale se fait par les perforations et la circulation latérale par les ponctuations. Les vaisseaux sont de gros éléments; leur diamètre peut atteindre 0,5 mm et leur longueur varie de quelques centimètres à plusieurs mètres (toute la longueur de la tige dans certains cas).

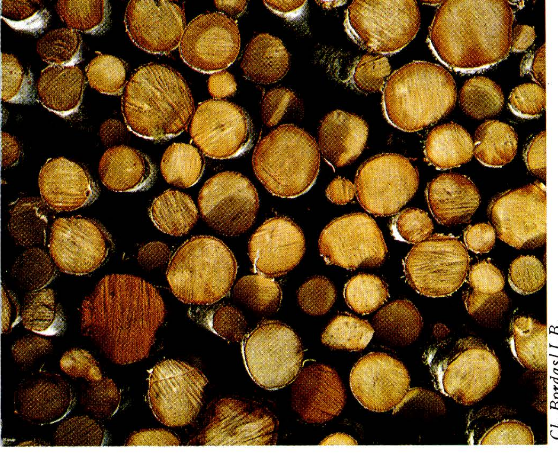
Il existe enfin des éléments conducteurs à structure plus complexe. C'est le cas des fibres conductrices des Gymnospermes (Conifères, etc.) : la paroi, d'épaisseur uniforme, à section quadrangulaire, porte sur les faces latérales des ponctuations dites *aréolées* (en raison de leur forme).

Chez certaines grandes catégories de Végétaux, les éléments conducteurs sont *tous* des trachéides (à ponctuations diverses), ou *tous* des vaisseaux; chez d'autres, on trouve dans le bois *à la fois* des trachéides et des vaisseaux. Les premiers sont dits *homoxylés* (*homos* = « le même »; *xulon* = « bois »); les autres sont dits *hétéroxylés.*

Le lecteur est prié de se reporter à la planche de la page ci-contre pour la disposition des ponctuations et des perforations.

Le bois des Végétaux.

Le bois comprend :
— des éléments conducteurs (vaisseaux, trachéides) ;



Coupe de bois.

— des éléments non conducteurs : *fibres ligneuses* (cellules allongées, mortes), *parenchyme ligneux* (cellules vivantes : c'est un parenchyme à réserves), *rayons* (lames de cellules formées par le *cambium* et s'accroissant dans le sens de l'épaisseur de la tige ou de la racine).

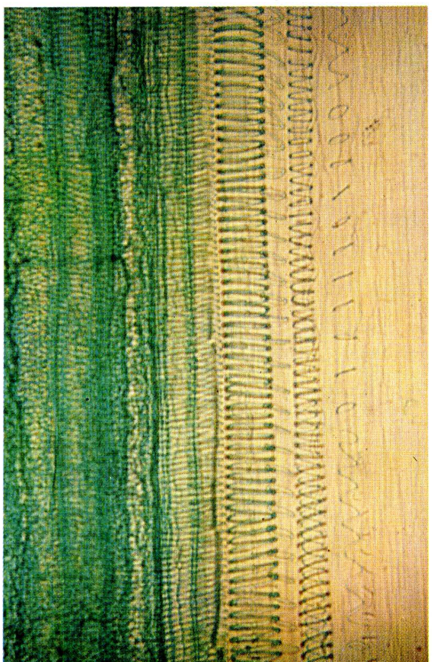
Les éléments conducteurs sont disposés en faisceaux, combinés aux tubes criblés du liber (voir ci-dessous, et la planche ci-contre), disposés parallèlement à l'axe de la tige et de la racine et distribués en cercle autour de cet axe; ils pénètrent dans les feuilles dont ils constituent les nervures. Dans les racines et les tiges des Gymnospermes et des Angiospermes Dicotylédones, le *cambium* fournit, en permanence, des cellules lignifiées et des cellules du liber, ce qui aboutit à la réunion de tous les faisceaux en une bande circulaire entourant l'axe de l'organe. Cette bande s'épaissit avec l'âge; dans la partie centrale, le *bois de cœur,* desséché, ne fonctionne plus; vers l'extérieur, le bois vivant, l'*aubier,* assure le transport de la sève.

Les substances organiques constituant le bois sont essentiellement la lignine et la cellulose; mais le bois contient aussi des substances diverses : tanoïdes, pigments, résines, incrustations minérales, etc., qui donnent à chaque bois un aspect et des propriétés caractéristiques.

Le liber.

C'est un ensemble conducteur composé de tubes criblés. Un tube criblé comprend une file de cellules à l'état prémortel, allongées, communiquant entre elles par des perforations et ayant perdu leur noyau. Sur une coupe transversale de racine, on voit que les faisceaux criblés alternent avec les faisceaux ligneux ; dans une tige ils sont superposés à ces derniers. Comme pour le bois, les cordons de liber sont pris dans les nappes circulaires du liber produit par le cambium.

Les schémas groupés dans la planche ci-contre

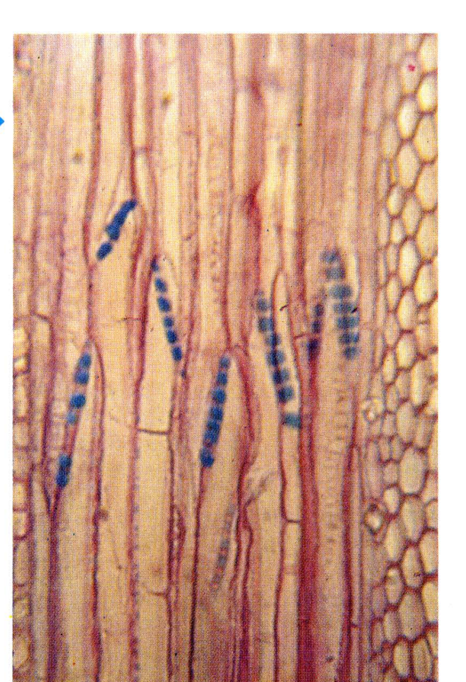




I. Coupe longitudinale dans les vaisseaux du bois.

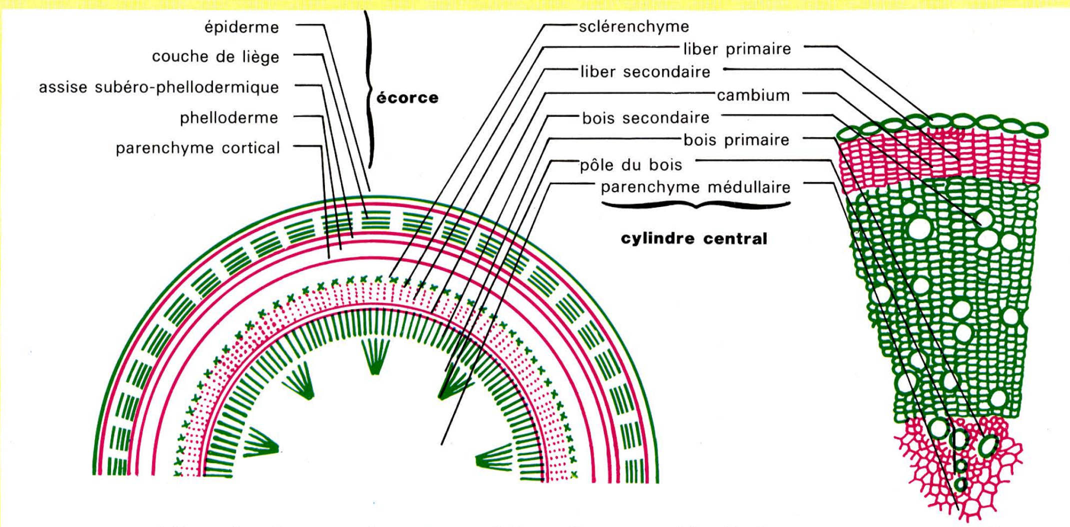
II. Coupe longitudinale dans les tubes criblés du liber.

Remarquer le « crible » (ponctuations colorées en bleu).

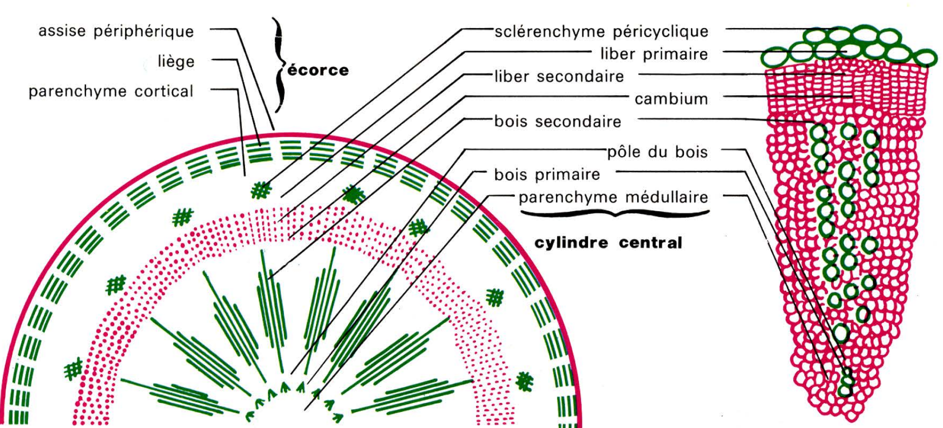




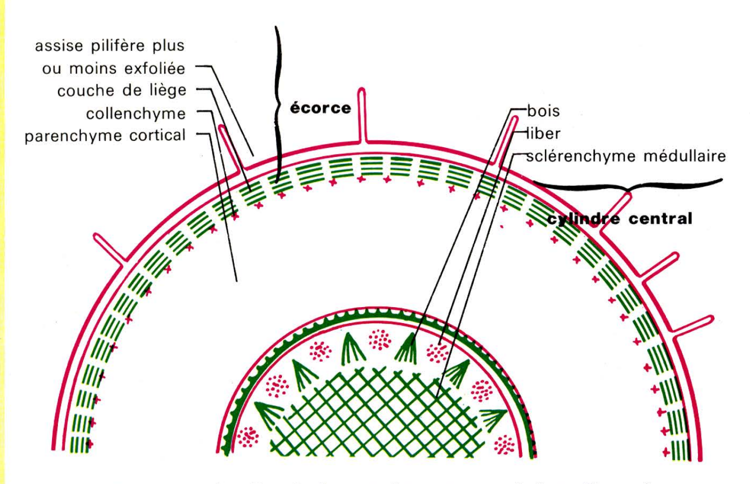
expliquent la structure anatomique et la disposition des différents éléments conducteurs. On notera la différence de structure selon les niveaux (tige, racine) et selon l'âge de la plante.



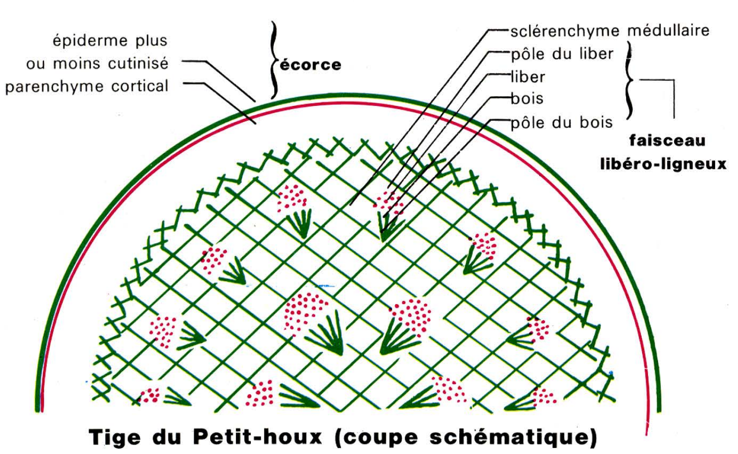
Tige de Sureau (coupe schématique et détail du cylindre central)



Racine d'Oseille (coupe schématique et détail du cylindre central)



Racine du Petit-houx (coupe schématique)



Tige du Petit-houx (coupe schématique)

Ci-dessus : *le bois et le liber chez les Dicotylédones; structure secondaire de la tige et de la racine.*

Ce qui caractérise les Dicotylédones, c'est l'apparition à un certain niveau d'assises génératrices donnant des cellules qui forment des tissus nouveaux, appelés tissus secondaires*; leur ensemble constitue une* structure secondaire *de la tige ou de la racine.*

Les cellules constituant ces assises sont des cellules jeunes, douées d'un pouvoir très actif de division; elles donnent des cellules filles vers l'extérieur et vers l'intérieur. L'assise génératrice la plus interne est un cambium *qui donne ainsi des cellules du liber (secondaire) vers l'extérieur et des cellules du bois (secondaire) vers l'intérieur. Les couches de bois engendrées chaque année peuvent être très épaisses (dans un tronc d'arbre, elles forment des cercles concentriques dont le nombre permet de connaître l'âge de l'arbre). De plus, il existe dans l'écorce (de la tige ou de la racine) une assise génératrice externe qui donne du liège vers l'extérieur et, vers l'intérieur, un tissu particulier appelé* phelloderme.

Ci-contre : *racine et tige d'une Monocotylédone (le Petit-Houx).*

En haut : *coupe schématique d'une racine. Remarquer, dans le cylindre central, l'alternance des faisceaux du bois et du liber. Les cellules du bois les plus anciennes sont à la périphérie du cylindre central, les cellules les plus jeunes vers le centre : on dit que le bois est* centripète.

En bas : *coupe schématique d'une tige. Remarquer la présence d'un épiderme plus ou moins cutinisé et la disposition du bois et du liber en faisceaux* libéroligneux*; les cellules du bois les plus jeunes sont vers l'extérieur, le bois est* centrifuge.

LA VIE DES PLANTES
LA PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE.

Conditions nécessaires à la vie des Végétaux.

Les plantes et l'eau : observations.

L'eau est indispensable à la vie des Végétaux; c'est presque une vérité première et il n'est pas nécessaire d'être botaniste pour savoir qu'une plante meurt si elle n'est pas « arrosée ». Nous étudierons d'abord comment l'eau pénètre et circule dans les organismes végétaux.

● *L'eau dans la plante.* Prenons 1 kg de feuilles d'Épinard — cela commence comme une recette de cuisine — et faisons-lui subir un traitement de dessiccation en deux étapes :

— première étape : sous une cloche à vide, à la température ordinaire, déshydratation en présence d'acide sulfurique (qui est un déshydratant puissant);

— deuxième étape : terminons la déshydratation en plaçant les feuilles d'Épinard dans une étuve, à 100 °C.

Pesons à nouveau ce matériel végétal : les feuilles ne pèsent plus que 100 g. Les 900 g « perdus » représentent la masse d'eau qu'on en a retirée. Le tableau suivant donne la teneur en eau de quelques Végétaux.

Végétaux	Matière sèche (%)	Eau (%)
Feuilles d'Épinard	10	90
Plantules de Haricot (1 mois).	12,2	87,8
Tubercules de Carotte	15,1	84,9
Tubercules de Pomme de terre	20	80
Feuilles de Vigne	31,2	68,8
Bois de Pin	60,8	39,2
Graines d'Orge	82,2	17,8
Graines de Lin	88,3	11,7
Graines d'Arachide	93,8	6,2

Teneur en eau de quelques Végétaux en % de matière fraîche (les pourcentages indiqués sont approximatifs).

Observation immédiatement suggérée par ce tableau : les organes en état de vie active (feuilles) et les organes de réserves (tubercules) ont une haute teneur en eau (entre 60 et 90 %); au contraire les graines, qui sont dans un état de vie ralentie, ont une teneur en eau très faible (inférieure à 20 %).

Cette eau se trouve dans les vacuoles, dans les vaisseaux du bois et du liber (comme solvant et véhicule de la sève brute et de la sève élaborée), dans les *gelées* de l'organisme (mucilages).

● *Pénétration de l'eau dans les Végétaux.* L'eau contenue dans le sol pénètre dans la plante par la racine. Diverses expériences montrent que l'absorption se fait essentiellement dans la région pilifère (« poilue ») de la racine; elle se fait aussi au niveau de la zone de croissance apicale, mais elle est impossible dans la région subérisée, puisque le liège *(suber)* recouvrant les parois des cellules épidermiques en cette région est imperméable à l'eau.

Les Végétaux dont l'appareil radiculaire (c'est-à-dire les racines) est peu développé ne peuvent vivre que dans des stations humides, où les sols contiennent des réserves d'eau inépuisables. Par contre, dans les stations sèches, seuls peuvent prospérer les Végétaux aux racines très développées, allant chercher de l'eau jusqu'à une grande profondeur dans le sol. Dans le premier cas, les plantes peuvent prospérer en grand nombre dans une même station, réalisant un *tapis végétal continu (végétation fermée)*; dans le second cas, la concurrence vitale leur interdit de se développer côte à côte : la végétation est clairsemée *(végétation ouverte)*.

On peut vérifier l'importance de la poussée de la sève à partir des racines par l'expérience suivante : on coupe une tige à sa base; on voit alors sourdre, sur la section, un liquide plus ou moins abondant (c'est une *sève* comprenant quelques substances, surtout minérales, dissoutes dans de l'eau). En ajustant un manomètre (figure ci-dessous), on peut mesurer la poussée de cette sève, assez puissante pour faire monter le niveau du mercure dans le tube vertical du manomètre. Les pressions enregistrées, selon les espèces, varient de 1 cm à 150 cm de mercure!



Le Chêne transpire abondamment : plus de 100 tonnes d'eau entre le printemps et l'automne.

● *Ascension de l'eau dans la tige.* L'eau (ou plus exactement la sève dont elle est le constituant le plus important) passe donc dans la tige et irrigue toutes les parties du Végétal, jusqu'aux feuilles et aux bourgeons les plus élevés. Les expériences nombreuses et diverses montrent que cette ascension se fait par les *vaisseaux ligneux* (les vaisseaux du liber n'interviennent pas). On notera que l'eau monte ainsi — chez les Végétaux de haute taille — jusqu'à plusieurs dizaines de mètres d'altitude (100 m pour le *Sequoia),* ce qui exige l'intervention de mécanismes mal connus.

● *La transpiration végétale.* Si l'on recouvre une plante vivante (dans un pot) d'une cloche de verre, on constate, au bout d'un certain temps, qu'il se dépose de la rosée sur la surface interne de la cloche ; le phénomène persiste même si l'on couvre la surface du pot d'un disque imperméable : l'eau qui se dépose ainsi est donc émise par la plante dont on peut dire qu'elle *transpire.* Des expériences variées ont montré que :

— la transpiration se faisait surtout par les stomates (voir p. 10, tableau des tissus végétaux : les tissus épidermiques) ;

— elle a lieu secondairement par toute la surface des *cuticules* (voir *ibidem*).

Les Végétaux qui ont une grande surface de transpiration (c'est-à-dire de nombreux stomates et une grande surface cuticulaire, avec des feuilles grandes et nombreuses) éliminent une quantité d'eau impressionnante : un Chêne isolé dégage, entre avril et septembre, sous nos latitudes, 111 tonnes d'eau ; un simple plant de chou fournit 1/2 litre d'eau en 12 heures, etc. On comprend que de tels organismes ne puissent vivre que sur des sols aux réserves d'eau immenses et renouvelables. Par contre les « plantes grasses », comme les Cactées, ont une surface d'évaporation réduite et présentent des tiges vertes, pourvues d'un important parenchyme aquifère (voir p. 10, tableau sur les tissus végétaux).

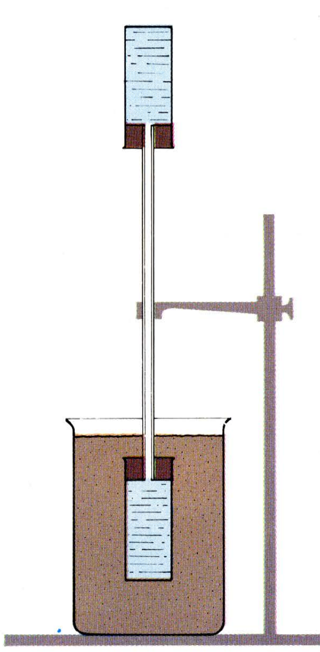
Facteurs externes conditionnant la transpiration : la transpiration augmente quand l'humidité de l'air décroît ; elle est d'autant plus intense que la température est élevée ; elle s'accroît sous l'influence de la lumière. On a constaté que ces facteurs (hygrométrie, température, lumière) agissaient sur l'ouverture des stomates, provoquant ainsi indirectement un accroissement de la quantité d'eau rejetée par les plantes.

● *Une question difficile :* comment l'eau monte-t-elle dans la plante ? L'eau pénètre dans la racine par les poils absorbants ; elle se dirige, de cellule en cellule, depuis la périphérie jusqu'aux vaisseaux situés au centre de la racine ; là commence l'ascension, par les vaisseaux ligneux, jusqu'à des hauteurs parfois considérables. Les explications qu'on a données de ces phénomènes sont encore incertaines.

— La pénétration de l'eau dans les poils absorbants serait le fait d'une *imbibition* (comme la pénétration de l'eau dans une mèche de coton) et d'un effet d'*osmose,* les cellules des poils absorbants perdant leur eau au profit des cellules de la racine au fur et à mesure qu'elles la reçoivent, comme un tonneau percé qu'on remplirait et qui se viderait en même temps.

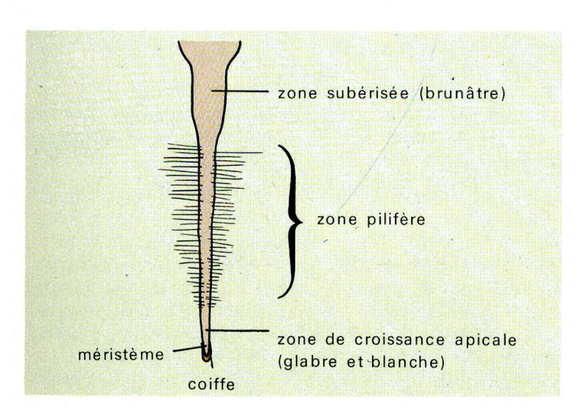
— La circulation radiale, de la périphérie vers le centre de la racine, mettrait aussi en jeu des osmoses en chaîne : la cellule n° 1 perd son eau — par osmose — au profit de la cellule n° 2, qui la perd au profit de la cellule n° 3, et ainsi de suite jusqu'aux vaisseaux centraux. Mais ce n'est que partiellement exact,

— L'ascension verticale reste en grande partie inexpliquée. On a invoqué l'imbibition (exemple de la mèche de coton trempée dans l'eau à l'une de ses extrémités), mais cette explication n'est pas valable lorsque l'eau monte à plusieurs dizaines de mètres de hauteur. De même l'ascension par capillarité ne permet pas de comprendre comment la sève peut atteindre les altitudes déjà évoquées. Une interprétation (hypothétique) a été proposée ; elle repose sur l'expérience de Dixon, résumée par le schéma suivant :

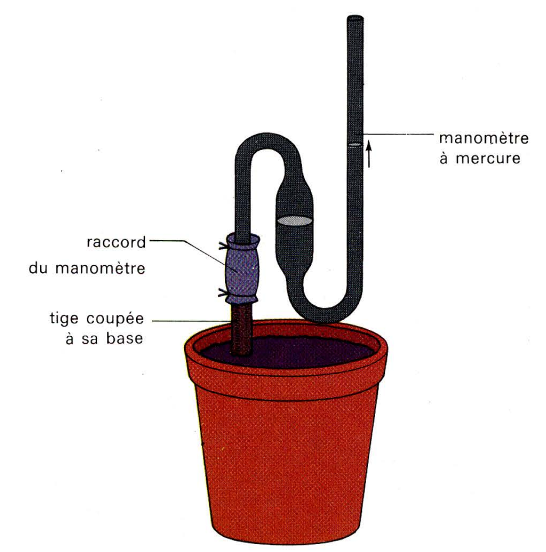


Expérience de Dixon sur la cohésion de l'eau. Deux vases poreux, en porcelaine, sont réunis par un tube de verre très long ; au début de l'expérience, le vase inférieur, le tube et le vase supérieur sont pleins d'eau. Le vase supérieur est ouvert à l'air libre et l'eau s'évapore à sa surface ; le vase inférieur est placé dans du sable humide. On constate que les molécules d'eau qui s'échappent du vase supérieur à l'état de vapeur sont remplacées par des molécules à l'état liquide provenant de l'eau contenue dans le tube, celle-ci étant elle-même remplacée par les molécules d'eau provenant du vase inférieur, lui-même constamment alimenté, à travers sa paroi poreuse, par l'eau du sable humide. On explique ce phénomène par la cohésion de l'eau.

Pour un Végétal, il se produirait le même phénomène que dans l'expérience de Dixon, chaque vaisseau ligneux contenant une colonne d'eau ininterrompue de la racine au sommet de la plante.



Les parties de la racine d'une jeune plantule.



Mise en évidence de la poussée radiculaire.

Besoins nutritifs des plantes vertes.

Les plantes vertes sont des Végétaux comprenant des plastes (chloroplastes) à l'intérieur desquels est présent un pigment vert qui sera décrit plus loin : la *chlorophylle ;* ce sont les Bryophytes (Mousses, etc.), les Ptéridophytes (Fougères, etc.) et les Plantes à fleurs ; il existe de la chlorophylle chez les Algues. Pour les besoins nutritifs des Plantes sans chlorophylle, voir p. 52, la nutrition des Champignons.

● *Analyse.* Pour savoir de quels éléments chimiques un Végétal a besoin pour se maintenir en vie, on peut d'abord faire l'analyse chimique de plusieurs Végétaux. On mettra ainsi en évidence les éléments qu'ils contiennent et l'on pourra affirmer — avec quelques réserves — qu'ils sont nécessaires à l'organisme dans lequel on les a trouvés.

Pour faire l'*analyse élémentaire* (recherche des éléments chimiques d'un Végétal, on commence par le laver soigneusement, afin d'éliminer les impuretés déposées à sa surface, puis on l'incinère en recueillant les gaz émis pendant l'incinération et les cendres. On

analyse gaz et cendres par des procédés classiques et l'on obtient la liste des corps simples présents dans la plante étudiée. Les résultats varient d'un type de plante à un autre, mais leur allure générale est toujours la même ; elle est résumée dans le tableau ci-dessous. Les pourcentages ont été rapportés à la masse de *matière sèche,* c'est-à-dire à la masse du Végétal débarrassé de son eau ; ce sont des ordres de grandeur moyenne, qui peuvent varier énormément selon le Végétal étudié et surtout selon les organes.

	Éléments (symbole chimique et masse atomique approchée)	% de matière sèche (ordres de grandeur)	Observations
Éléments fondamentaux toujours présents quels que soient les Végétaux ou les organes.	Carbone C = 12	45 % et plus	Le carbone est le constituant fondamental de toutes les molécules organiques ; on rappelle que c'est un corps *tétravalent.* Il forme le « squelette » des molécules en constituant des *chaînes carbonées,* comme par exemple : – C – C – C – C – C – C – C – C – C –
	Oxygène O = 16	40 % et plus	Associé notamment au carbone dans les molécules organiques, avec l'hydrogène et parfois l'azote.
	Hydrogène H = 1	5 % et plus	Même remarque. Les composés organiques ne comprenant que C, H et O sont des glucides (sucres, etc.), des lipides simples (acides gras, etc.), des phénols, etc.
	Azote N = 14	3 % et plus	Présent dans les composés organiques du groupe des *protides* (amino-acides, alcaloïdes, etc.) et dans les composés complexes (hétérolipides, etc.).
Autres éléments constants en quantité notable (entre 0,01 % *et* 0,3 %*).*	Calcium Ca = 40,1	2 à 3 %	Ces quatre métaux, à l'état ionique (électrisé), sont : Ca^{2+}, K^{+}, Mg^{2+}, Na^{+}. Voir, à la p. 8 l'étude de la perméabilité de la cellule aux ions.
	Potassium K = 39,1	0,5 à 1 %	
	Magnésium Mg = 24,3	0,3 à 0,4 %	
	Sodium Na = 23	0,1 à 0,2 %	
	Phosphore P = 32	0,2 à 0,3 %	Sous forme d'acide phosphorique dans les nucléoprotéides et les lipides complexes.
	Soufre S = 32,1	0,2 à 0,3 %	Dans les protéides.
	Silicium Si = 28,1	moins de 1 %	Dans les parois cellulaires (tunique).
	Bore B = 10,8	moins de 0,05 %	
	Fer Fe = 55,8	moins de 0,001 %	
Éléments constants, mais en très petite quantité (moins de 0,001 %*).* En observations : *éléments non constants.*	Argent Ag = 107,9; Manganèse Mn = 54,9; Cæsium Cs = 132,9; Cuivre Cu = 63,5; Titane Ti = 47,9; Chlore Cl = 35,5; Fluor F = 19; Aluminium Al = 17; Cobalt Co = 58,9; Nickel Ni = 58,7; Zinc Zn = 65,4; etc.		Il faudrait aussi citer des éléments présents chez certaines espèces seulement : l'iode (I = 126,9) chez les Algues marines, l'arsenic (As = 74,9) chez les Végétaux contenant de l'iode ; le brome (Br = 79,9), chez les Algues ; et d'autres éléments à l'état de traces : rubidium, lithium, strontium, baryum, vanadium, chrome, molybdène, étain, plomb, bismuth, gallium, germanium, glucinium, tungstène, etc.

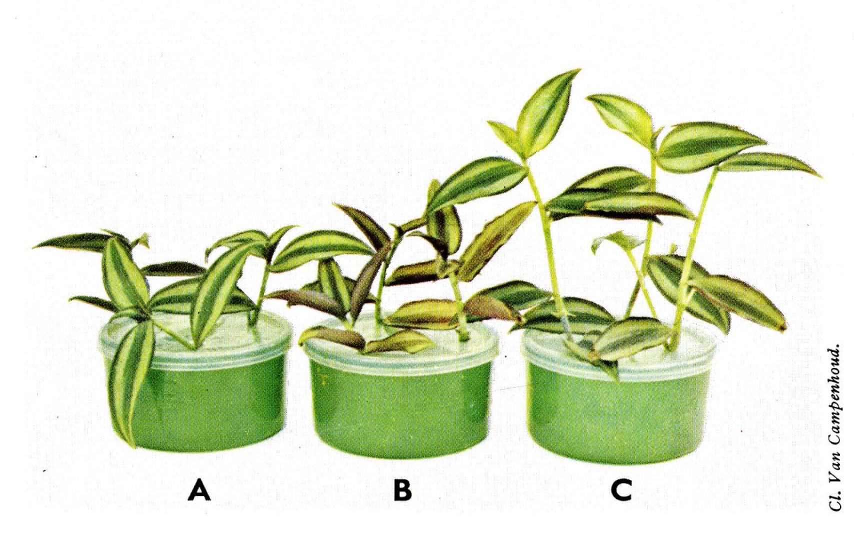
Éléments présents dans un Végétal vert.

Cet inventaire se précise chaque jour. Il faut signaler que certaines substances minérales, présentes dans les cendres ou les gaz analysés, ne font pas nécessairement partie intégrante du Végétal ; il peut s'agir de matières absorbées et accumulées : ainsi l'iode des Algues marines. Autrement dit, la présence d'un élément dans une plante ne signifie pas qu'il soit indispensable, physiologiquement parlant, à la vie de cet organisme. La *méthode synthétique* (ci-dessous) permet de déterminer quels sont les éléments sans lesquels la plante ne peut absolument pas vivre dans des conditions normales.

● *Synthèse.* Le principe de la méthode est le suivant : on réalise un milieu nutritif artificiel (de l'eau et, en solution dans celle-ci, des substances minérales comme des nitrates, des phosphates, etc.). On cherche ensuite par tâtonnements, en expérimentant sur une même espèce avec des milieux différents, en faisant varier la concentration de telle ou telle substance, quel est le milieu le plus favorable au développement normal de la plante. Voici quelques formules de milieux nutritifs classiquement employés.

Composants du milieu	Liquide de Sachs (1832-1897)	Liquide de Knop (1817-1891)	Milieu de Withrow
Eau	1 000	1 000	1 000
Nitrate de potassium	1	0,25	0,660
Nitrate de calcium	0	1	0,720
Sulfate de magnésium	0,5	0,25	0,065
Sulfate de calcium	0,5	0	0
Phosphate tricalcique	0,5	0	0
Chlorure de sodium	0,5	0	0
Sulfate de fer	0,1	0	0
Phosphate mono-potassique	0	0,25	0
Phosphate mono-calcique	0	0	0,155
Sulfate d'ammonium	0	0	0,160
Phosphate de fer	0	traces	0 pulvérisation de sulfate de fer à la dilution de 5 millionièmes, de sulfate de manganèse et d'acide borique à la dilution de 1 millionième.

Quelques milieux nutritifs artificiels.



Cl. Van Campenhoud.

On a cultivé dans les trois milieux A, B et C, une plante Monocotylédone exotique,* Tradescantia zebrina*. Le milieu A ne contient que de l'eau de pluie, pauvre en éléments nutritifs ; le milieu B comprend une solution nutritive sans nitrate (par conséquent sans azote) ; le milieu C une solution nutritive complète. On constate que seules les pousses qui se sont développées sur le troisième milieu ont eu une croissance vigoureuse : cette expérience met en évidence le rôle indispensable de l'azote dans le développement des Végétaux. C'est par des expériences différentielles de ce genre qu'on a pu établir les formules des milieux nutritifs données dans le tableau ci-dessus.

● *Résultats.*

1° Les milieux nutritifs comprennent 9 éléments indispensables à la constitution du protoplasme des plantes vertes (alimentation *plastique* de la plante). Ce sont :

H, O, N, P, S, K, Mg, Ca, Fe.

2° Ils ne comprennent pas de carbone : celui-ci est absorbé par les Végétaux verts à partir du gaz carbonique présent dans l'atmosphère (pour les Champignons, par contre, le carbone doit faire partie du milieu nutritif : voir p. 17).

3° Tous les éléments sont utilisés sous la forme de *substances minérales solubles* (ou de gaz carbonique). A partir de ces substances minérales, la plante fabrique



Cl. Péchiney-Saint-Gobain.

Champ d'expérimentation d'engrais chimiques (vue aérienne). Chaque rectangle est traité de façon particulière ; la comparaison des résultats permet d'améliorer les engrais en dosant différemment les éléments qui constituent le milieu nutritif de la plante cultivée.

elle-même les substances organiques (glucides, lipides, protides) qui entrent dans la constitution de ses tissus. Un Végétal vert est donc une sorte d'usine chimique qui reçoit des corps minéraux et produit *par synthèse,* à partir d'eux, des corps organiques. Ce pouvoir de synthèse est dû à la présence dans les Végétaux verts de *chlorophylle.* Il n'existe pas chez les Champignons, par exemple.

Le fait qu'une plante fabrique elle-même les substances nutritives dont elle a besoin s'appelle l'*autotrophie* (*autos* = « soi-même » ; *trophê* = « nourriture »).

4° Certains éléments, présents à l'état de traces parfois infimes, ou *oligo-éléments* (*oligos* = « peu nombreux »), comme le zinc, le manganèse, le cuivre, le bore, le fluor, interviennent vraisemblablement dans la constitution des *enzymes :* ils ont un rôle *catalytique* (la *catalyse* est l'activation d'un processus chimique).

● *Applications : les engrais.* Les plantes cultivées empruntent les substances minérales dont elles ont besoin aux sols sur lesquels elles poussent, mais elles ne les leur restituent pas : elles appauvrissent donc ces sols en éléments fondamentaux. On rend artificiellement aux terres cultivées les substances minérales qui leur manquent en y répandant des *engrais :* détritus organiques (fumier) ou engrais chimiques comportant les éléments présents dans les milieux nutritifs étudiés plus haut : nitrates, phosphates, sels de potasse, sulfates, etc.

Autres conditions de fonctionnement des Végétaux.

● *Les milieux thermiques.* Si l'on excepte certaines Bactéries, on ne connaît aucun organisme susceptible de subsister à l'état de *vie active* au-dessous de 0 °C ou au-dessus de 80 °C. Selon les températures optimales permettant la vie normale d'une plante, on distingue :

— les Plantes *microthermes,* qui ne peuvent vivre qu'à des températures comprises entre 0 °C et 15 °C. Exemple : Algues unicellulaires de la surface des névés et des régions arctiques.

— les Plantes *mésothermes,* vivant entre 10 °C et 40 °C comme le Blé (température optimale : 29 °C ; température maximale : 42 °C) ou le Maïs (température optimale : 34 °C ; température maximale : 46 °C).

— les Plantes *mégathermes,* qui peuvent vivre à des températures supérieures à 40 °C : Diatomées, certaines Algues bleues, etc.

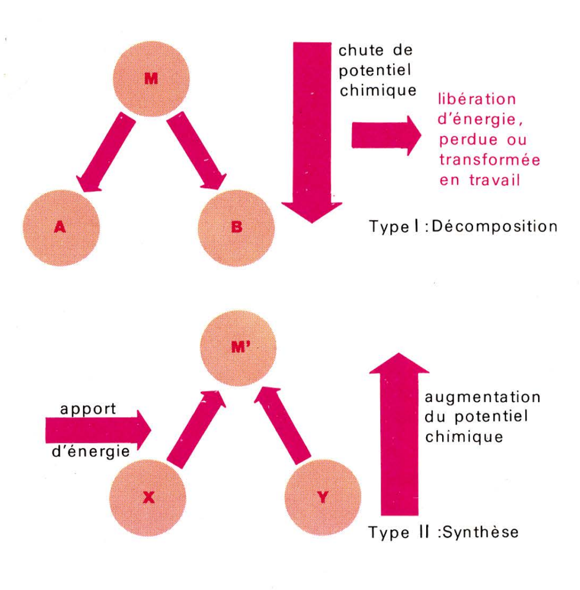
● *La lumière.* Inutile au développement de la plupart des Bactéries et des Champignons, la lumière est indispensable à la vie de tous les Végétaux chlorophylliens. Selon les espèces, la quantité de lumière nécessaire est très variable : certaines plantes exigent d'être en plein soleil, d'autres ne vivent qu'à l'ombre des sous-bois ou dans les grottes. Entre ces deux extrêmes, toutes les catégories intermédiaires existent.

Ce qui est remarquable, c'est qu'une plante ne peut vivre que dans des conditions bien déterminées ; ces considérations seront reprises p. 30 à propos de l'*écologie.*

Catabolisme des Végétaux : la respiration et la fermentation.

Définitions.

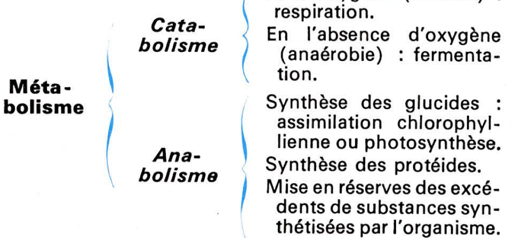
Il se produit à l'intérieur d'un organisme végétal un certain nombre de transformations de matières, qu'on peut diviser en deux catégories : les *décompositions* de certaines molécules en molécules plus petites ou en leurs éléments, et les *synthèses* d'autres molécules à partir de leurs composants. Ces deux sortes de transformations sont schématisées sur la figure ci-dessous.



Les deux catégories de transformations chimiques à l'intérieur d'un organisme.

Les transformations du type I, caractérisées par une chute du potentiel chimique, constituent le *catabolisme* (*cata* = « vers le bas ») ; l'ensemble des transformations du type II, caractérisées par une élévation du potentiel chimique, forme l'*anabolisme* (*ana* = « vers le haut »). L'ensemble catabolisme+anabolisme de toutes les transformations s'appelle le *métabolisme* (*métabolê* = « transformation »). Les molécules engagées dans ces transformations (sur notre figure : *M* et *M'*) sont des *métabolites.*

Chez les Végétaux, le métabolisme est assuré par un ensemble de fonctions : respiration, fermentation, photosynthèse, etc., comme l'indiquent brièvement les accolades ci-dessous :



La respiration végétale.

La respiration consiste en une absorption d'oxygène (pratiquement : l'oxygène de l'air) et un dégagement de gaz carbonique (dioxyde de carbone : CO_2).

● *Mise en évidence du phénomène.* Si l'on dispose un Végétal vivant (jeune de préférence, parce que le phénomène est plus net) dans un bocal clos, à l'abri de la lumière, on constate au bout d'un certain temps qu'une bougie allumée, introduite dans le bocal, s'éteint : l'oxygène initialement présent a été absorbé par le Végétal. Une analyse de l'atmosphère du bocal révélerait la présence de dioxyde de carbone. Le Végétal s'est comporté comme un animal placé dans une atmosphère ; lorsqu'il n'y a plus d'oxygène, il cesse de se développer et meurt.

Cette expérience peut être faite dans l'obscurité avec n'importe quelle plante ou n'importe quel organe. Par contre, en pleine lumière, les résultats sont plus complexes et il faut prendre un certain nombre de précautions selon la nature des Végétaux employés.

— Avec des Végétaux ou des organes sans chlorophylle (par exemple : des graines), on observe le même phénomène que dans l'obscurité.

— Avec des Végétaux ou des organes verts (porteurs de chlorophylle), le phénomène est masqué : nous verrons en effet que la présence de chlorophylle dans une plante accompagne une importante fonction, appelée la *photosynthèse,* qui n'a lieu qu'à la lumière et qui se manifeste par une absorption de gaz carbonique et un dégagement d'oxygène, c'est-à-dire par des échanges gazeux inverses des échanges gazeux respiratoires. Par contre, si on élimine la photosynthèse (soit en opérant en lumière diffuse, ce qui ralentit la fonction, soit en augmentant la température de l'expérience, car on a constaté qu'à partir de 40 °C les échanges chlorophylliens sont faibles, soit en opérant avec des Végétaux très jeunes, qui respirent énormément, plus qu'ils n'assimilent), on constate toujours qu'il y a absorption d'oxygène et dégagement de gaz carbonique.

La respiration s'observe chez tous les Végétaux, à l'exception de certaines Bactéries dites *anaérobies,* qui ne peuvent vivre qu'en l'absence d'oxygène.

● *Mesures.* On cherche à mesurer, pour caractériser l'intensité des échanges respiratoires, le volume d'oxygène absorbé pendant un temps donné et celui de gaz carbonique rejeté pendant le même temps. Il faut remarquer à ce sujet que le gaz carbonique produit par la respiration n'est pas intégralement dégagé à l'extérieur de la plante ; une partie de ce gaz est emprisonné dans les vacuoles cellulaires. Si donc l'on veut recueillir *tout* le CO_2 provenant de la respiration, il faut « pomper » celui qui est resté dans les cellules, par exemple en faisant le vide dans l'enceinte fermée où l'on a placé la plante.

Nous ne décrirons pas ici les dispositifs expérimentaux imaginés par les botanistes pour mesurer l'intensité des échanges respiratoires. Donnons-en simplement les principes.

— On opère évidemment dans l'obscurité s'il s'agit d'un Végétal chlorophyllien ; en pleine lumière pour des Végétaux non verts comme des Champignons.

— Si l'expérience a lieu dans une atmosphère confinée (bocal, cloche), on analyse cette atmosphère au début et à la fin de l'expérience ; on obtient, par deux simples soustractions, les volumes d'oxygène consommé et de gaz carbonique dégagé.

— On peut aussi placer le Végétal dans une enceinte isolée et faire circuler un courant d'air qu'on recueille, à la sortie de l'enceinte, à travers un réservoir de potasse (KOH), où il se débarrasse de son dioxyde de carbone, et un réservoir contenant des bâtons de phosphore, qui fixent son oxygène. Par pesée, au début et à la fin de l'expérience, de ces deux réservoirs, on détermine la quantité de dioxyde de carbone dégagé et la quantité d'oxygène non absorbé (comme on connaît la quantité d'oxygène envoyé dans le courant d'air, on en déduit la quantité d'oxygène absorbé).

— Bien entendu, ces expériences exigent d'être faites dans des conditions de température et de pression bien déterminées, puisque les volumes gazeux varient énormément en fonction de ces deux paramètres.

● *Résultats.* On constate que l'intensité des échanges respiratoires varie avec les espèces, l'âge du Végétal, la composition chimique des cellules, le degré d'ouverture des stomates, la température, la lumière (dont l'action ne peut être étudiée que sur les Végétaux dépourvus de chlorophylle), la teneur en oxygène de l'atmosphère. Retenons quelques résultats généraux :

— Les plantes à feuilles caduques (feuilles qui

se renouvellent chaque année) respirent plus intensément que les plantes à feuilles persistantes; les plantes non grasses plus intensément que les plantes grasses.

— L'intensité respiratoire est maximale, pour une plante annuelle, pendant la période germinative et au moment de la floraison; pour une plante vivace, lors de l'éclosion des bourgeons et de la floraison.

— A température constante, chez un Végétal non chlorophyllien, la lumière ralentit les échanges respiratoires; cette action freinatrice est d'autant plus grande que la radiation est proche du rouge; elle est minimale pour une lumière violette.

— L'intensité respiratoire croît rapidement avec la température, mais, à partir d'un certain seuil thermique (vers 50 °C), elle décroît brusquement et la plante meurt.

— On appelle quotient respiratoire (en abrégé : Q.R.) le rapport :

$$\frac{\text{volume de } CO_2 \text{ produit}}{\text{volume d'oxygène absorbé}}$$

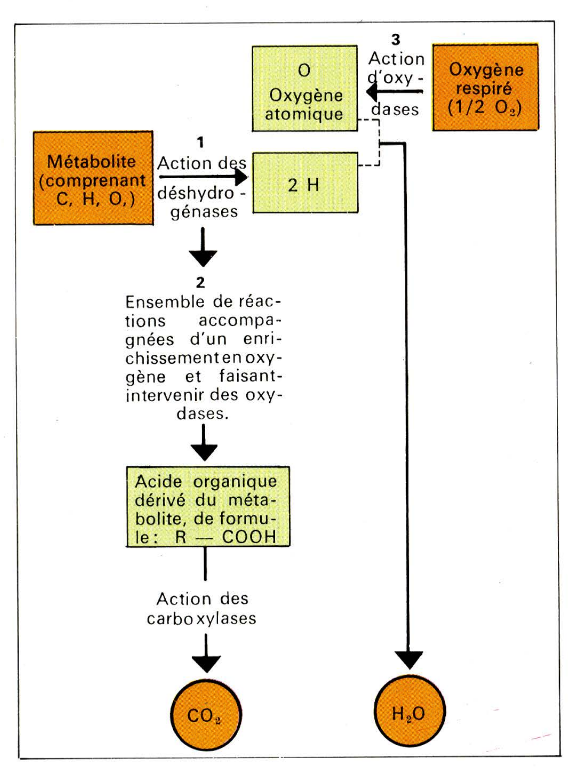
(le volume de CO_2 produit comprenant le dioxyde de carbone dégagé et le dioxyde de carbone conservé dans les cellules). Le Q.R. varie selon les phases vitales de la plante : il est égal à 1 au début de la germination, décroît en cours de germination, pour atteindre une valeur comprise entre 1,05 et 1,15 pendant la période de vie végétative de la plante jeune; il diminue chez les plantes âgées.

Le catabolisme respiratoire.

La respiration végétale est un cas particulier de la respiration en général. Résumons simplement l'essentiel du phénomène.

C'est une transformation *catabolique,* c'est-à-dire que, au cours de la respiration, certains métabolites, comme les molécules de glucose, vont être décomposés. Or, un métabolite, comme toute molécule organique, comprend du carbone, et l'on a pu penser autrefois que l'oxygène de l'air respiré se combinait à ce carbone pour donner le dioxyde de carbone CO_2; on supposait donc — comme l'avait fait Lavoisier en 1777 — que la respiration était une combustion. En fait, il n'en est rien et le catabolisme des substances organiques est un phénomène extrêmement complexe. Nous allons y revenir ici en supposant, pour fixer les idées, que le métabolite est du *glucose,* de formule $C_6H_{12}O_6$.

L'ensemble des transformations est résumé par le schéma suivant, que nous commenterons ensuite pas à pas.



Le catabolisme respiratoire.

En orangé : les substances de départ (métabolite, oxygène de l'air) et d'arrivée (dioxyde de carbone et eau). En vert : les produits intermédiaires, qui se forment dans les cellules mais qui n'apparaissent pas dans la réaction finale.

Commentons ce schéma :

1. Action des déshydrogénases : les déshydrogénases sont des enzymes capables, par leur seule présence, et en agissant à doses infimes, d'extraire de l'hydrogène de la molécule organique considérée. Ici, leur intervention libère deux atomes d'hydrogène, que nous retrouverons plus bas (commentaire n° 3).

2. Ensemble de réactions accompagnant la déshydrogénation : il se produit ici une succession de transformations chimiques complexes, catalysées par des enzymes, en particulier des déshydrogénases, sur lesquelles nous ne pouvons nous étendre; elles aboutissent à la formation d'acides organiques de formule générale R−COOH. La lettre R désigne un radical, c'est-à-dire un ensemble plus ou moins complexe d'atomes organisés autour d'une chaîne carbonée; la partie de la molécule désignée par −COOH est un groupement fonctionnel appelé *carboxyle,* caractérisant la fonction acide organique. Par exemple, l'acide acétique (acide du vinaigre) a pour formule : CH_3-COOH; le radical, particulièrement simple dans cet exemple, est CH_3 : mais c'est à la présence du carboxyle −COOH que cette substance doit ses propriétés acides (saveur piquante, etc.).

3. Action d'oxydases transformant l'oxygène de l'air en oxygène atomique : l'oxygène naturel, qui entre dans la composition de l'air atmosphérique, est *moléculaire,* c'est-à-dire que ses atomes sont groupés deux par deux; sa formule est donc O_2. En présence d'enzymes appelées oxydases, ces molécules se divisent en deux atomes :

$$O_2 \longrightarrow O + O$$

ou

$$1/2\ O_2 \longrightarrow O$$

L'oxygène atomique est un oxygène actif, susceptible de se combiner à l'hydrogène pour donner de l'eau (H_2O) : on dit que c'est un *accepteur* d'hydrogène.

4. Action des carboxylases : ce sont des enzymes agissant sur le carboxyle −COOH : elles en arrachent la molécule de CO_2.

5. A ne prendre que l'état initial et l'état final de la réaction, on peut écrire une équation qui fait songer à une combustion :

$$\text{métabolite} + \text{oxygène} \longrightarrow \text{gaz carbonique} + \text{eau} + (\text{énergie})$$

ou, plus savamment, dans le cas du glucose :

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 675 \text{ kcal}$$

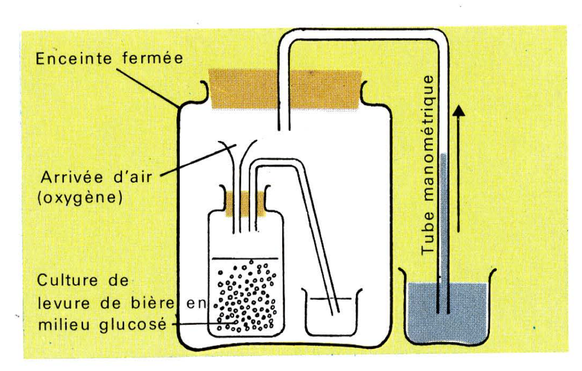
Mais cette équation ne traduit qu'une *apparence* de combustion; le fait fondamental est la *déshydrogénation* de la molécule : c'est l'hydrogène qui sert de « combustible » dans la respiration tissulaire.

La fermentation.

● *Expériences de Pasteur.* Elles sont célèbres, car elles ont fait connaître la *fermentation alcoolique* (qui n'est pas la seule fermentation possible, bien entendu, et que l'on connaissait pratiquement bien avant ces expériences : la Bible ne nous conte-t-elle pas que déjà Noé, le patriarche navigateur, s'enivrait volontiers?).

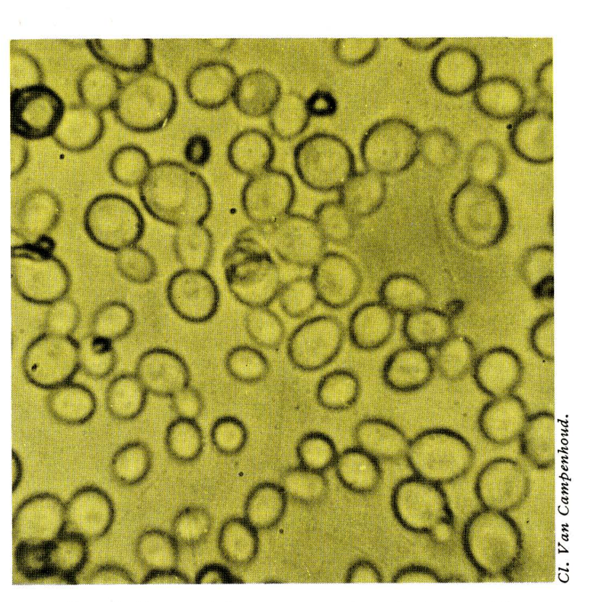
Procurons-nous, dans une banale boulangerie, quelques grammes de *levure de bière* (ne pas confondre avec la « levure » qui est une substance utilisée en pâtisserie pour faire *lever* la pâte sous l'action de la chaleur : cela n'a rien à voir). Diluons-la dans de l'eau et observons une goutte de cette solution au microscope; nous apercevons un très grand nombre de petites cellules ovoïdes, séparées les unes des autres. Chacune de ces cellules est un Champignon unicellulaire (voir photographie), dont la plus grande dimension ne dépasse pas 8 microns. Son nom savant est *Saccharomyces cerevisiæ* Hansen (selon les règles de la nomenclature botanique, étudiées plus loin p. 30, Hansen désigne le nom de celui qui a le premier reconnu cette espèce de Champignon).

● *Première expérience : vie aérobie.* Pour nourrir cette petite colonie, nous ajoutons à l'eau un peu de glucose (Pasteur avait utilisé du saccharose) et nous réalisons le dispositif simple indiqué sur la figure suivante.



Vie aérobie de la levure de bière. L'air pénètre dans le flacon par l'entonnoir; le gaz qui se dégage est recueilli dans un vase à eau de chaux. Le volume d'air dans l'enceinte est mesuré à l'aide du tube manométrique à liquide coloré : quand ce volume diminue (consommation d'oxygène par la levure de bière), le liquide monte dans le tube.

Nous constatons immédiatement qu'il se forme dans le flacon de petites bulles d'un gaz troublant l'eau de chaux. C'est donc du gaz carbonique. Par ailleurs, si nous examinons au microscope notre culture au bout de 24 heures (photographie ci-dessous), nous constatons que les cellules *bourgeonnent* et se multiplient activement. Enfin, on observe que le liquide coloré monte dans le tube manométrique, ce qui est dû à l'absorption d'oxygène par les Champignons. Quant au glucose, un dosage de la solution nous montre qu'il diminue progressivement. Autrement dit, la levure de bière consomme du glucose, absorbe de l'oxygène, puise dans le glucose absorbé et catabolisé l'énergie nécessaire à son développement et à sa prolifération, rejette du gaz carbonique. Le bilan général de ces transformations est un bilan respiratoire, qui se traduit par la décomposition totale du glucose. Ici aussi, en ne tenant compte que de l'état initial et de l'état final, il semble que l'on ait une équation chimique analogue à celle qui a été donnée à propos de la respiration.



Cl. V. van Campenhoud.

On distingue bien, sur cette photographie microscopique au grossissement × 1 500, les cellules de la levure de bière dont un certain nombre bourgeonnent. Chaque cellule est un organisme à elle toute seule.

● *Deuxième expérience : vie anaérobie.* Recommençons l'expérience précédente en supprimant l'arrivée d'air dans le flacon; privée d'oxygène, c'est-à-dire en *anaérobiose,* la levure continue de vivre, de se nourrir de glucose et de se multiplier, mais les phénomènes sont différents quantitativement et chimiquement.

— Il y a encore dégagement de gaz carbonique, mais en quantité moindre que précédemment.

— Il se forme une importante quantité d'alcool éthylique (de formule CH_3-CH_2OH), ce qui est un fait nouveau par rapport à l'activité aérobie (dans laquelle on constatait malgré tout la présence, à dose infime, d'alcool éthylique).

— Au microscope, on constate que la prolifération est ralentie.

Autrement dit on est en présence de la transformation :

$$\text{glucose} \longrightarrow \text{gaz carbonique} + \text{alcool éthylique} + (\text{énergie}).$$

ou, plus scientifiquement :

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2CO_2 + 2CH_3-CH_2OH + 25 \text{ kcal}$$

Interprétation du phénomène de fermentation.

● *La transformation du glucose* en alcool éthylique et gaz carbonique ne se produit plus si l'on tue (par chauffage) les Champignons : c'est donc un phénomène lié à la *vie* de la levure de bière. Il est intéressant de comparer la fermentation et la respiration :

Phénomènes observés	Vie aérobie	Vie anaérobie
Catabolisme.	Respiration	Fermentation
Consommation de glucose par 24 h.	*a* grammes	*b* grammes ($b > a$)
Rendement de croissance : rapport de la masse de levure de bière produite par prolifération à la masse de glucose consommée (*a* ou *b* selon les cas).	Environ 1/4 (25 %)	Environ 1/100 (1 %)
Produits du catabolisme.	CO_2 + eau + traces d'alcool éthylique	CO_2 + quantité importante d'alcool éthylique.

Comparaison entre la respiration et la fermentation.

La fermentation est donc une « manière de vivre » moins brillante que la respiration. En présence d'oxygène, la molécule de glucose est totalement détruite, il ne reste plus que des produits minéraux (CO_2, eau) et la prolifération est active ; en anaérobiose (état d'asphyxie), malgré une consommation accrue de glucose, le développement de la levure de bière est ralenti (le rendement est 25 fois plus faible), et la molécule de glucose n'est pas totalement détruite, puisqu'il subsiste encore une substance organique (l'alcool éthylique).

Cela est en rapport avec les résultats de la chimie énergétique. La relation que nous avons écrite à propos de la respiration correspond à un dégagement de 675 kcal (comme il ne s'agit pas d'une combustion, cette énergie n'est pas libérée en une seule fois, mais par quantités fractionnées) ; la relation écrite à propos de la fermentation n'en libère que 25.

● *Le mécanisme de la fermentation alcoolique,* comme celui de la respiration, fait intervenir de nombreuses enzymes : entre le glucose (substance de départ) et l'alcool éthylique (substance d'arrivée), il y a formation en cascade de toute une série de corps intermédiaires.

● *Il existe bien d'autres fermentations* que la fermentation alcoolique. Elles sont le fait, en général, de Champignons ou de Bactéries. Citons : la fermentation butyrique, qui aboutit à la formation d'acide butyrique ($CH_3-CH_2-CH_2-COOH$), la fermentation acétique, la fermentation lactique (fabrication du yogourt, de la choucroute), la fermentation forménique (formation géologique de la houille, des pétroles, etc.). En général, ces phénomènes — qui sont un substitut à la respiration — ont lieu en anaérobiose. Cependant certaines fermentations ne peuvent se réaliser qu'en présence d'oxygène : c'est le cas, par exemple, de la *fermentation acétique* qui transforme l'alcool éthylique en acide acétique (le vin en vinaigre).

Anabolisme des Végétaux : synthèse des glucides.

Un peu d'histoire.

Le chimiste anglais Priestley (1733-1804) écrivait en 1772 :

> « *Le 16 août 1771, je mis un plant de Menthe dans une quantité d'air où une chandelle avait cessé de brûler et je trouvai que, le 27 du même mois, une autre chandelle pouvait y brûler parfaitement bien.* »

Il venait de découvrir qu'une plante dégageait de l'air « salubre » (qu'on appelait alors de l'*air déphlogistiqué*), c'est-à-dire de l'oxygène. Quelques années plus tard, en 1779, le médecin et physicien hollandais Jan Ingenhousz (1730-1799) faisait des expériences plus révélatrices qui lui permettaient d'écrire :

> « [*La production de l'oxygène*] *commence après le lever du soleil et cesse totalement à son coucher ; seules agissent les feuilles, les tiges et les rameaux verts.* »

Et dans le courant du XIXe siècle ont eu lieu les découvertes importantes suivantes :

Dates	Événements
1782	Le Suisse Senebier (1742-1809) affirme que le gaz carbonique atmosphérique est un aliment pour les plantes, et il estime que ce gaz carbonique doit d'abord être dissous dans l'eau.
1804	Le Suisse N. Th. de Saussure (1767-1845) précise cette découverte en constatant que, en outre, le Végétal vert fixe de l'eau et, en retenant le carbone extrait du CO_2 atmosphérique, présente un accroissement de poids.
1862	Le Français Jean-Baptiste Boussingault (1802-1887) établit que le volume d'oxygène dégagé est égal à celui du gaz carbonique absorbé.
Après 1860	Travaux du botaniste allemand Sachs (1832-1897) ; il montre que l'accroissement de poids du Végétal vert est dû à la formation d'amidon dans les chloroplastes.

Ces découvertes fondent l'étude de l'*assimilation chlorophyllienne* ou *photosynthèse :* les plantes vertes absorbent le gaz carbonique atmosphérique, le réduisent (opération inverse d'une oxydation) grâce à l'hydrogène qu'elles arrachent à l'eau, et réalisent la synthèse des substances sucrées et d'autres matières organiques ; elles rejettent l'oxygène de l'eau (inutilisé). Cette synthèse se fait sous l'action de la lumière, d'où son nom de *photosynthèse.* Nous verrons qu'elle est déterminée par la présence dans les chloroplastes d'une substance typique : la *chlorophylle.*

Remarque : un animal a besoin de glucides pour subsister ; il les absorbe en ingérant des substances végétales contenant cette matière (sucre de Canne ou de Betterave, farine, Pomme de terre, etc.), ou, s'il est exclusivement carnivore, en dévorant des animaux herbivores ayant assimilé les glucides des Végétaux dont ils se nourrissent. Un Végétal, par contre, fabrique ses glucides lui-même (on donne un sucre à un Chien, pas à une Rose), à partir du carbone du CO_2 atmosphérique qu'il absorbe en permanence dans le milieu ambiant.

Nous étudierons successivement :

— les échanges gazeux chlorophylliens (c'est-à-dire ce qui est observable extérieurement, comme avait commencé à le faire Priestley en 1771) ;

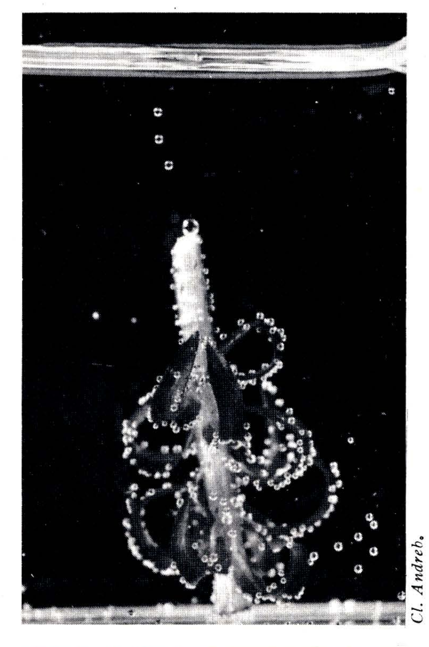
— la chlorophylle et les substances voisines ;

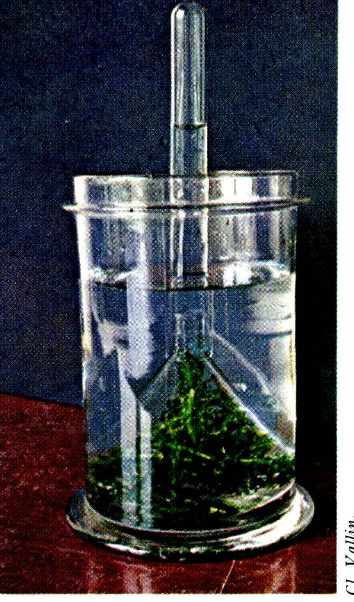
— comment s'effectue la photosynthèse à l'intérieur de l'organisme végétal ;

— le cycle du carbone dans la nature.

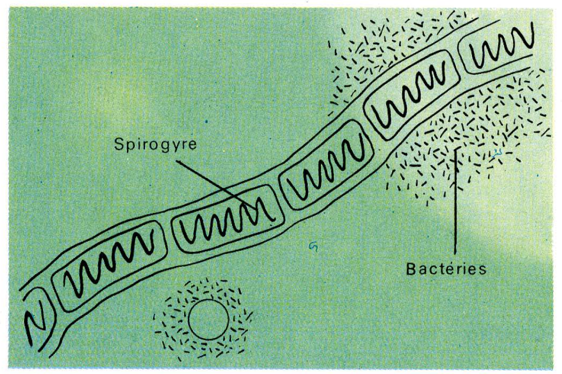
Les échanges gazeux chlorophylliens.

● *Mise en évidence du phénomène.* Pour montrer qu'une plante verte — aérienne ou aquatique — absorbe du gaz carbonique et dégage de l'oxygène lorsqu'elle est exposée à la lumière, on ne manque pas de méthodes. Quelques-unes d'entre elles ont été représentées sur les photographies et schémas ci-dessous.

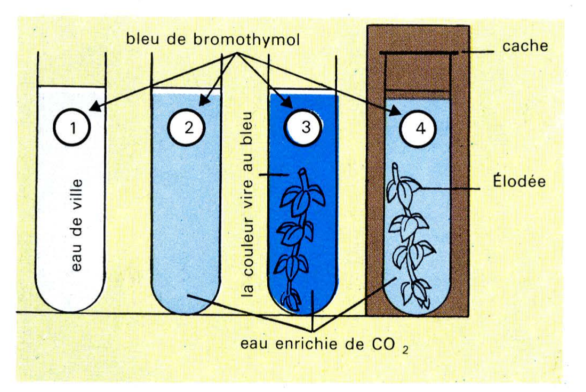




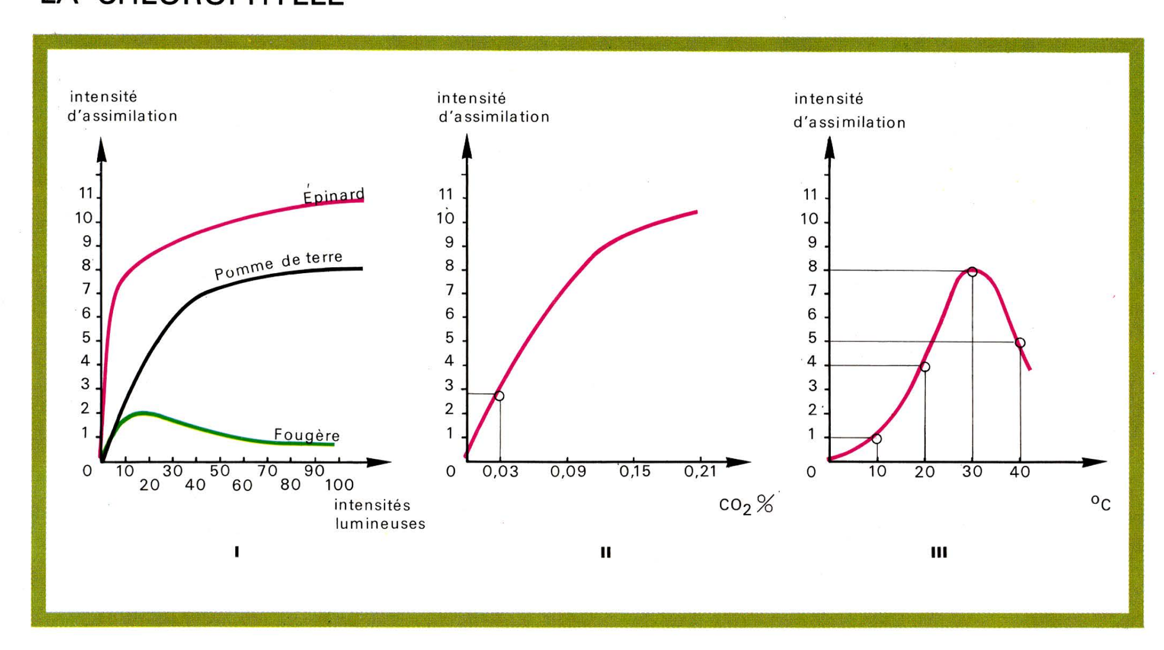
On a placé une tige d'Élodée (petite plante originaire du Canada qu'on met souvent dans les aquariums) au fond d'un bocal plein d'eau. Sur la photo en noir et blanc, on observe très nettement les bulles d'oxygène s'échappant de la tige sectionnée. La photo en couleur montre le dispositif permettant de recueillir l'oxygène et de mesurer le volume gazeux dégagé.



Méthode d'Engelman. On a placé un filament de Spirogyre (Algue verte), dont les chloroplastes sont disposés en spirale, dans une infusion de foin en décomposition. Une telle infusion est riche en une Bactérie nommée **Bacterium termo,** ***très avide d'oxygène. L'ensemble de la préparation est très faiblement éclairé, à l'exception d'une petite zone (en haut et à droite du schéma). On constate que les cellules de*** **Bacterium termo** ***se concentrent autour de la bulle d'air (qui se trouve dans l'obscurité) et autour du fragment de Spirogyre éclairé : cela montre qu'il y a, au niveau de ce fragment, un fort dégagement d'oxygène.***



Expérience mettant en évidence l'absorption du CO_2 par une plante verte exposée à la lumière. 1 : eau du robinet colorée en bleu par un colorant appelé bleu de bromothymol. 2 : la même eau dans laquelle on a ajouté du gaz carbonique : le colorant est devenu jaune verdâtre. 3 : fragment d'Élodée placé dans l'eau enrichie de gaz carbonique : on constate que la coloration redevient progressivement bleue, ce qui signifie que le gaz carbonique disparaît de la solution (il est absorbé par la plante). 4 : le même fragment, en l'absence de lumière : la teinte jaune verdâtre se maintient : le gaz carbonique n'est pas absorbé.



Facteurs de la photosynthèse.
On a porté en abscisse les variations du facteur étudié et en ordonnée des nombres proportionnels à l'intensité de la photosynthèse.

Pour une plante aérienne, les échanges gazeux chlorophylliens se combinent aux échanges gazeux respiratoires et l'on ne peut observer, dans les conditions naturelles, que la *résultante* des deux catégories d'échanges. Il faut donc procéder autrement.

— Placer la plante dans l'obscurité, ce qui supprime les échanges chlorophylliens et isole les échanges respiratoires. On mesure ainsi le volume V d'oxygène absorbé et le volume V' de CO_2 rejeté par le seul effet de la respiration végétale.

— Placer la plante à la lumière. La photosynthèse l'emporte sur la respiration : la plante rejette globalement le volume V_1 d'oxygène et absorbe le volume V'_1 de gaz carbonique. Appelons x le volume d'oxygène dégagé par la photosynthèse et y le volume du gaz carbonique absorbé ; on a :

$$V_1 = x - V \qquad \text{et} \qquad V'_1 = y - V'$$

d'où les volumes « chlorophylliens » :

$$x = V + V_1 \qquad \text{et} \qquad y = V' + V'_1.$$

— Des mesures précises ont montré que $x = y$, c'est-à-dire que le rapport :

$$\frac{\text{oxygène rejeté}}{\text{gaz carbonique absorbé}}$$

est égal à l'unité.

● *Facteurs intervenant sur l'intensité des échanges gazeux chlorophylliens.* Nous mesurerons l'intensité de la photosynthèse par le volume x d'oxygène dégagé en un temps donné (ou, ce qui revient au même, par le volume y de gaz carbonique absorbé). On constate qu'il existe des facteurs internes, liés à la nature du Végétal lui-même (son espèce, l'état de son protoplasme, le degré d'ouverture des stomates, etc.) et des facteurs externes dont les principaux sont l'intensité de la lumière, la concentration en gaz carbonique de l'atmosphère et la température.

Les courbes suivantes précisent l'influence de ces facteurs. Dans chacun des trois cas, on a maintenu constants tous les facteurs sauf un, celui qui est étudié ; on obtient des résultats caractéristiques.

La chlorophylle.

● *Qu'est-ce que la chlorophylle ?* C'est un pigment, une poudre d'aspect métallique, de couleur bleu foncé, presque noire, qui existe en solution dans les chloroplastes des Végétaux (exceptionnellement, chez les Algues bleues, elle est diffuse dans le cytoplasme de la cellule). Nous avons déjà observé des chloroplastes bourrés de chlorophylle — ce qui leur confère une teinte verte caractéristique des Végétaux — (voir p. 7).

L'extraction de la chlorophylle est facile. On broie des feuilles bien vertes (Épinards, Orties) dans un mortier et l'on ajoute de l'alcool éthylique ou de l'acétone, substances dans lesquelles la chlorophylle se dissout très aisément. On filtre et l'on obtient une solution d'une belle couleur verte. Cette solution n'est pas pure, elle contient, outre la chlorophylle, d'autres pigments (moins nombreux que le pigment vert dans les feuilles que nous avons choisies), des graisses, des cires, etc. ; on la purifie en ajoutant un peu de benzène et quelques gouttes d'eau. En laissant reposer le tout dans un tube à essai, on obtient une émulsion composée de deux couches :

— une couche supérieure, vert foncé, renfermant la chlorophylle en solution benzénique ;

— une couche inférieure, jaune orangé, contenant les autres pigments en solution hydroalcoolique.

A partir de la solution benzénique, on peut extraire le pigment chlorophyllien à l'état pur : c'est la poudre verte dont nous avons déjà parlé. Ce pigment comprend en réalité deux substances très voisines qu'on appelle la *chlorophylle a* et la *chlorophylle b ;* la première est franchement verte, la seconde est de couleur bleu-vert. Il existe aussi une chlorophylle *c*, une chlorophylle *d* et une chlorophylle *e*.

Pour fixer les idées, voici la proportion de ces pigments :

1 kg de feuilles fraîches	contient	2 g de chlorophylle *a*
		0,75 g de chlorophylle *b*

Nous ne dirons donc plus *la* chlorophylle, mais *les* chlorophylles quand nous parlerons de ces substances séparément. Par contre leur mélange naturel sera dénommé *la* chlorophylle brute ou, plus brièvement, la chlorophylle.

● *Quelle est la formule chimique des chlorophylles ?* Les *formules brutes* (c'est-à-dire qui ne donnent pas de renseignements sur la disposition des atomes à l'intérieur de la molécule) sont :

chlorophylle *a* : $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$;
chlorophylle *b* : $C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$.

L'étude des propriétés des chlorophylles permet d'écrire, plus précisément :

chlorophylle *a* : $C_{32}H_{30}ON_4Mg \begin{cases} COOCH_3 \\ COOC_{20}H_{39} \end{cases}$

chlorophylle *b* : $C_{32}H_{28}O_2N_4Mg \begin{cases} COOCH_3 \\ COOC_{20}H_{39} \end{cases}$

On voit que ces deux molécules :

— contiennent du magnésium (Mg) ;

— portent deux fonctions $COOCH_3$ et $COOC_{20}H_{39}$ qui ressemblent aux *groupements caractéristiques de la fonction acide* (COOH). Mais ici l'hydrogène est remplacé dans un cas par CH_3, dans l'autre par $C_{20}H_{39}$, provenant respectivement de l'*alcool méthylique* CH_3OH et du *phytol* $C_{20}H_{39}OH$ (qui est un alcool « végétal ») ; on dit que les groupements ont été *estérifiés* (un *ester* est le produit de l'action d'un acide sur un alcool) ;

— comprennent de l'azote (N) : il s'agit d'*hématines* contenant du magnésium à la place du fer.

On a montré que ces molécules possèdent 4 groupements de la forme :

```
HC ——— CH
‖       ‖
HC      CH
  \    /
    NH
```

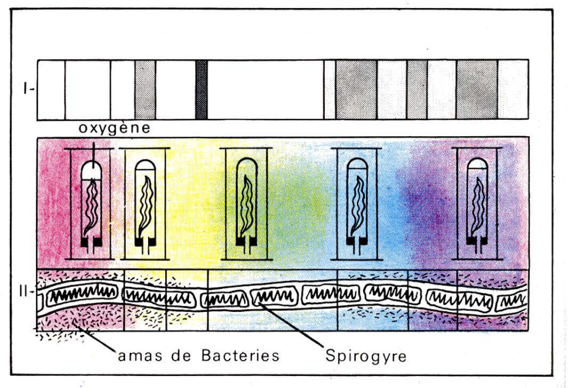
c'est-à-dire une chaîne formée de 4 atomes de carbone et d'un atome d'azote, portant chacun un atome d'hydrogène, les deux couples d'atomes de carbone étant liés par une double liaison. Un tel groupement est appelé un *pyrrole* ou un *noyau pyrrolique ;* l'association de quatre noyaux pyrroliques (qui fait intervenir en outre des *ponts* entre les noyaux) fournit donc une molécule *tétrapyrrolique* (*tétra* = 4).

En résumé, les chlorophylles *a* et *b* sont des composés tétrapyrroliques magnésiens comportant un ester du phytol et un ester de l'alcool méthylique.

Fait remarquable : chimiquement, les chlorophylles ressemblent à une substance présente dans le sang des Animaux, l'*hématine*. On a donc pensé que celle-ci pouvait provenir de la chlorophylle ingérée par les herbivores et par les carnivores qui sont des mangeurs d'herbivores.

● *Quelles sont les propriétés de la chlorophylle en présence de la lumière ?* Si l'on fait tomber un faisceau de lumière blanche sur un prisme, on obtient une décomposition de cette lumière en un spectre coloré s'étalant du rouge au violet ; si l'on interpose entre le prisme et la source de la lumière blanche une cuve transparente contenant une solution de chlorophylle brute, on constate que certaines radiations sont absorbées, avec plus ou moins d'intensité, par la chlorophylle, ce qui se traduit par des *bandes noires* interrompant le spectre coloré. Les principales régions d'absorption se trouvent l'une dans le rouge (autour de la longueur d'onde λ = 6 635 Å) et l'autre, moins nette, vers le bleu et le violet (entre 4 000 et 4 700 Å) ; entre ces bandes extrêmes il y a quelques bandes secondaires, correspondant à une faible absorption dans l'orangé et le jaune. Il n'y en a pratiquement pas dans le vert (on rappelle que 1Å = 1/10 000 000 mm).

On a montré (Engelman, Timiriazeff) que les radiations absorbées communiquent de l'énergie à la chlorophylle et activent les échanges gazeux, comme le prouvent deux expériences classiques, schématisées sur la figure ci-dessous.



Influence de l'absorption des radiations lumineuses sur l'activité chlorophyllienne.

I. On a placé des brins d'Élodée dans cinq éprouvettes sur lesquelles on fait tomber de la lumière blanche décomposée par un prisme ; chaque éprouvette reçoit donc une lumière colorée différemment, du rouge au violet. On constate que le dégagement d'oxygène (qui se manifeste par une baisse du niveau de l'eau dans les tubes) est très net dans le rouge, plus faible dans l'orangé, le bleu et le violet et inexistant dans le vert : la photosynthèse est donc active dans les zones d'absorption de la chlorophylle.

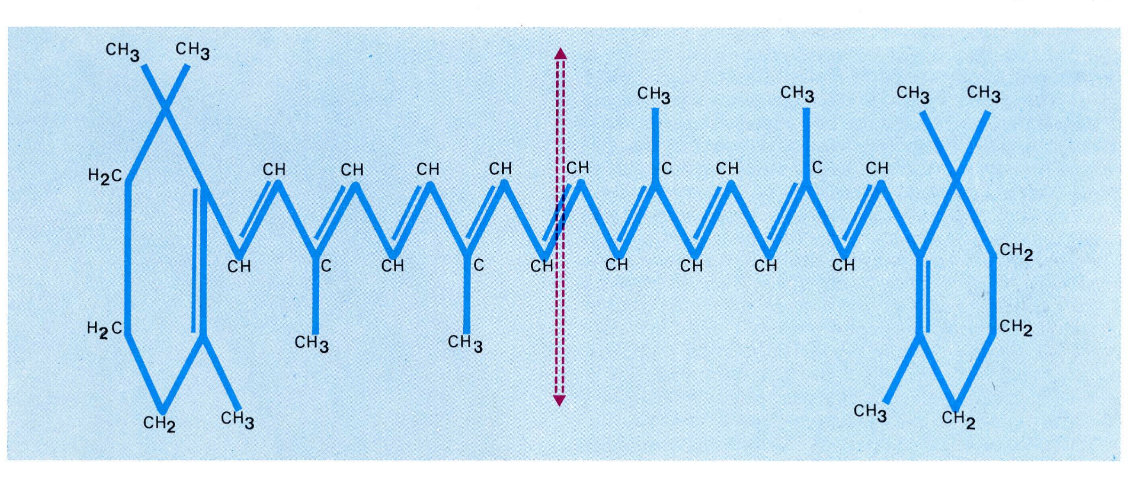
II. On a placé un filament de Spirogyre dans un bouillon de Bacterium termo, ***comme dans l'expérience déjà réalisée plus haut ; on éclaire les filaments de l'Algue à l'aide d'un petit spectre et l'on constate que les Bactéries s'agglomèrent surtout dans les régions du rouge, du bleu ou du violet, alors qu'il n'y en a pas dans le vert : on sait que ces Bactéries sont avides d'oxygène ; c'est donc que ce gaz, dégagé au cours de la photosynthèse, est surtout présent dans les bandes d'absorption de la chlorophylle.***

● *Existe-t-il d'autres pigments que les pigments chlorophylliens?* Oui, aussi bien chez les Végétaux inférieurs (Algues) que chez les plantes supérieures. Pour les préparer, on procède comme pour la chlorophylle : ce sont eux qui colorent la partie inférieure du tube à essai après qu'on a versé du benzène dans la solution alcoolique pour isoler la chlorophylle. On sépare les pigments par une méthode appelée *chromatographie de partage*. On parvient aux résultats suivants :

— Chez les Végétaux supérieurs, on a reconnu, outre les chlorophylles *a* et *b*, trois pigments appelés *caroténoïdes,* solubles dans les graisses, dont la structure chimique est simple (linéaire) ; ce sont les *carotènes* (*α-carotène* et *β-carotène,* de formule brute $C_{40}H_{56}$) et les xanthophylles, de formule brute $C_{40}H_{56}O_2$ (les xanthophylles sont des carotènes oxygénés). Voici la formule du β-carotène (le plus répandu chez les Végétaux supérieurs après la chlorophylle; il est de teinte orangée et il se transforme en vitamine A en présence de deux molécules d'eau).

— Chez les Algues, il existe des *pigments surnuméraires,* grâce auxquels on distingue d'ailleurs les *Algues rouges* (Rhodophycophytes), les *Algues brunes* (Chromophycophytes) et les *Algues vertes* (Chlorophycophytes) ; les Algues bleues, distinctes des précédentes, comme nous l'avons déjà dit p. 3, ont aussi des pigments caractéristiques.

Tous ces pigments et leur présence plus ou moins grande chez les Végétaux considérés sont indiqués dans le tableau ci-contre.



Le β-carotène ($C_{40}H_{56}$) : remarquer la structure parfaitement symétrique de la molécule, l'existence de 11 doubles liaisons et de 2 noyaux cycliques aux extrémités. La rupture de la molécule, au niveau du trait rouge, fournit 2 molécules de vitamine A ($C_{20}H_{30}O$), en présence de 2 molécules d'eau. L'α-carotène a même formule brute, mais sa molécule n'est pas symétrique (il ne donne qu'une molécule de vitamine A).

Pigments	Algues bleues (Cyanoschizophytes)	Algues eucaryotes ou Phycophytes					
		Algues rouges ou Rhodophycophytes	Algues brunes ou Chromophycophytes			Algues vertes (Chlorophycophytes)	Végétaux supérieurs
			Pyrrophycées	Chrysophycées	Phéophycées		
Chlorophylles							
Chlorophylle *a*	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Chlorophylle *b*	0	0	0 (sauf Euglénophycées)	0	0	XX	XX
Chlorophylle *c*	0	0	X		X		
Chlorophylle *d*	0	X	0		0		
Carotènes							
α-carotène	0	X	0	0	0	X	X
β-carotène	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
Xanthophylles							
1. Lutéine, zéaxanthine, violaxanthine, etc.	0	X	0	X	X	XXX	XXX
2. Fucoxanthine	0	0	0	XX	XX	0	0
3. Diatoxanthine, diadinoxanthine, dinoxanthine et péridinine	0	0	XX	X	X	0	0
4. Myxoxanthine, myxoxanthophylle	XXX	0	0	0	0	0	0

XXX : pigment principal. XX : pigment présent à moins de 50 %. X : pigment en faible quantité. 0 : pigment absent.

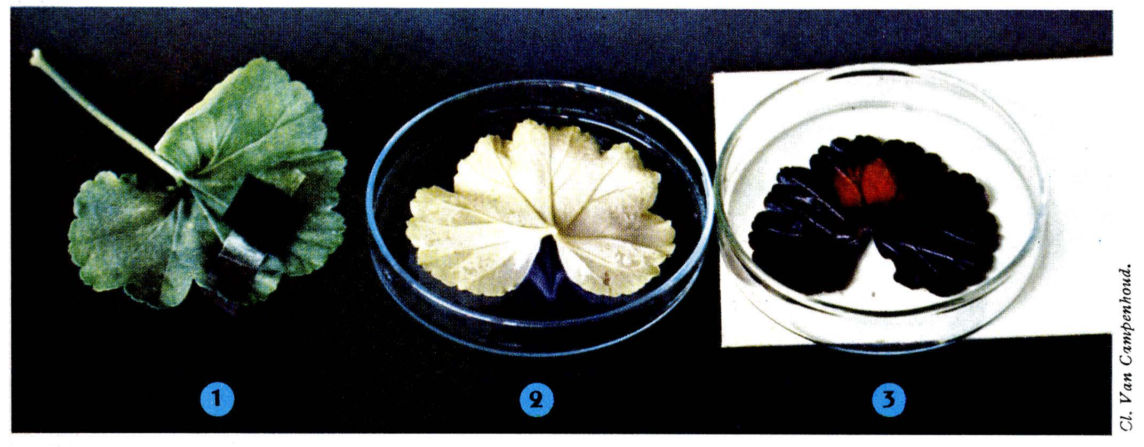
Les Pigments végétaux (d'après Strain et J. Feldmann).
Tous les pigments de ce tableau sont, comme les chlorophylles, solubles dans les solvants organiques. Chez les Algues bleues et les Algues rouges, il existe aussi des pigments solubles dans l'eau, appelés bilichromoprotéides. Ceux qui existent en quantité importante sont : la C-phycocyanine, chez les Algues bleues (pigment bleu avec fluorescence rouge sombre) et la r-phycoérythrine chez les Algues rouges (rose-rouge avec fluorescence orangée).

La synthèse des glucides.

● *Les glucides* (essentiellement l'amidon et le saccharose) sont fabriqués dans les organes verts (pourvus de chlorophylle) et exposés à la lumière. Ce phénomène fondamental peut être mis en évidence par des expériences du genre de celles qui sont décrites sur les photographies ci-dessous. Pour montrer la formation d'amidon dans les feuilles exposées, on décolore d'abord ces feuilles en les plongeant dans l'alcool (pour dissoudre la chlorophylle), puis on les immerge dans une solution aqueuse d'iode et d'iodure de potassium, qui a la propriété de virer au violet foncé en présence d'amidon.

● *Le mécanisme de formation des glucides* est maintenant bien connu. Il consiste, pour l'essentiel, en une *réduction,* c'est-à-dire en une opération qui est le contraire d'une oxydation, du gaz carbonique en glucide, grâce à l'énergie lumineuse captée par la chlorophylle. On distingue une *réaction lumineuse* et une *réaction obscure.*

— La réaction lumineuse est complexe et encore imparfaitement élucidée. La chlorophylle *a* est « excitée » par les photons et libère des électrons qui sont pris en charge par des substances de nature enzymatique. Les électrons sont ainsi transportés, puis transférés, à la fin du processus, à la chlorophylle; ils effectuent donc un *cycle,* puisqu'ils retournent à leur substance de départ. Au cours d'un cycle, de l'ADP (acide adénosine diphosphorique) se trouve transformé en ATP (acide adénosine triphosphorique), c'est-à-dire *phosphorylé;* or, l'ATP est un réservoir d'énergie biochimique.



Voici une série d'expériences mettant en évidence le rôle de la lumière dans la synthèse des glucides. Elles reposent sur la propriété qu'a l'amidon de faire virer au violet foncé une solution aqueuse d'iode et d'iodure de potassium. Sur une feuille de Géranium, on a placé un cache de carton, noir(1) et l'on a exposé la feuille à la lumière pendant quelques heures; puis on a ôté le cache, décoloré la feuille (2) avant de la tremper dans le réactif iodo-ioduré (3) : on constate alors qu'il s'est formé de l'amidon dans toutes les régions de la feuille (couleur violet foncé), sauf dans la partie soustraite à l'action de la lumière.



Pas de chlorophylle, pas d'amidon. On a utilisé un pied de Tradescantia *dont les feuilles sont « panachées » : les bandes blanches sont dépourvues de chlorophylle, les bandes vertes sont chlorophylliennes. Après exposition à la lumière et traitement, on constate que l'amidon ne s'est formé que le long des bandes vertes de la feuille.*

Ainsi donc, ce cycle représente une mise en réserve d'énergie. On peut aussi envisager que des électrons, fournis par la chlorophylle *a,* aboutissent à du NADP (NAD phosphorylé ; le NAD — *nicotinamide adénine dinucléotide* ou coenzyme I — est un transporteur d'hydrogène qui intervient dans les oxydations cellulaires) et non à de l'ADP ; le NADP serait ainsi réduit et interviendrait dans la réduction du gaz carbonique. Dans ce dernier cas, la chlorophylle *a* récupérerait ses électrons à partir de ceux que lui céderait la chlorophylle *b,* celle-ci pouvant être également excitée par la lumière ; au cours de ce transfert de la chlorophylle *b* à la chlorophylle *a,* il se forme aussi de l'ATP, c'est-à-dire qu'il y a aussi phosphorylation : mais les électrons ne retournant pas à leur substance d'origine, cette phosphorylation n'est pas cyclique. Enfin, troisième processus possible, la chlorophylle *b* pourrait à son tour récupérer des électrons, à partir de l'eau qui est décomposée au cours de cette phase lumineuse, par un procédé encore inexpliqué.

Finalement, la réaction lumineuse comprend trois transformations : 1° la formation d'ATP ; 2° la formation du NADP réduit ; 3° la décomposition de l'eau (photolyse) : $H_2O \longrightarrow H^+ + OH^-$

et $OH^- \longrightarrow 1/2\ O_2 + H^+ + 2e^-$,

ces transformations étant réalisées grâce à l'énergie lumineuse captée par la chlorophylle. L'hydrogène obtenu sert à réduire le gaz carbonique par l'intermédiaire du NADP ; l'oxygène se dégage : c'est celui qu'on observe expérimentalement.

— La réaction obscure comporte essentiellement la réduction du gaz carbonique par l'hydrogène de l'eau. Elle est de nature purement chimique et englobe toute une série de réactions en cascade qui ont pu être identifiées grâce à l'utilisation d'isotopes radio-actifs. On sait maintenant que le gaz carbonique est fixé par un sucre à cinq atomes de carbone, identifié comme étant du ribulose 1-5 diphosphate, et que la combinaison réalisée donne une molécule à 6 atomes de carbone (le sixième atome provient de CO_2). Cette molécule se coupe ensuite en deux, donnant deux molécules d'un acide organique phosphorylé ; c'est cet acide qui est réduit grâce à l'énergie emmagasinée par l'ATP avec l'hydrogène du NADP réduit (qui est donc devenu du $NADPH_2$). On enseigne en chimie organique que la réduction d'un acide organique donne un *aldéhyde ;* ce composé, une fois obtenu, subit encore des modifications sur lesquelles il n'est pas utile de s'étendre ici. Le résultat final est la formation d'un sucre en C_6, le *fructose,* à partir duquel on passe facilement au glucose et à d'autres glucides.

Le lecteur, même s'il n'est pas très versé en chimie organique, remarquera l'importance des phénomènes intermédiaires et plus spécialement la formation d'accumulateurs d'énergie comme l'ATP, qui jouent un rôle primordial dans ces processus. On est ainsi très loin du schéma *simple mais erroné* de Van Niel, proposé vers 1931 et qu'on retrouve encore cité dans certains ouvrages de semi-vulgarisation, qui distinguait une réaction lumineuse (photolyse de l'eau sous l'action de l'énergie captée par la chlorophylle) et une double réaction sombre (CO_2 + hydrogène de l'eau $\longrightarrow$ glucose + eau ; ions OH^- provenant de la photolyse se recombinant et donnant de l'eau oxygénée qui, à son tour, donnerait de l'eau et de l'oxygène, l'oxygène observé expérimentalement).

● *Le cycle du carbone.* Voici un atome de carbone présent dans l'une des cellules d'un quelconque M. Smith, par exemple dans son biceps brachial. M. Smith, en respirant, le rejette dans l'atmosphère, avec une molécule de CO_2. Les salades, plantées par M. Smith dans son jardin, absorbent cette molécule parmi plusieurs autres et l'utilisent pour fabriquer, par photosynthèse, un fragment de la matière glucidique de leurs feuilles. Ces feuilles sont mangées par un Lapin, qui se trouve donc en possession de l'atome de carbone du biceps de M. Smith, et celui-ci, en mangeant à son tour son Lapin, assimile peut-être, au passage, le carbone de son biceps !

Cette plaisanterie illustre la *circulation* du carbone sur notre planète. Si l'on excepte provisoirement le gaz carbonique émis par les volcans, celui qui est dissous dans les eaux terrestres (sous forme de bicarbonates), ou celui qui est fossilisé dans les roches calcaires, tout le carbone disponible est concentré soit dans des matières organiques constituant la matière vivante (glucides, lipides, protides), soit dans l'atmosphère (CO_2). Les êtres vivants se divisent en deux catégories : ceux qui fournissent du gaz carbonique à l'atmosphère (par respiration, fermentation, ou en provoquant la combustion de substances organiques, comme le fait l'homme lorsqu'il allume un feu de bois), et ceux qui consomment du gaz carbonique atmosphérique, à savoir les Végétaux chlorophylliens et certaines Bactéries (Bactéries nitreuses et nitriques, Ferrobactéries, etc.). Il s'installe donc, entre la matière organique et l'atmosphère, un *cycle du carbone* illustré par le schéma suivant.

Le cycle du carbone.

Autres formes de l'anabolisme chez les Végétaux.

La nutrition azotée.

L'azote est l'élément fondamental des acides aminés, qui sont des substances *quaternaires* (carbone, hydrogène, oxygène, azote) et représentent les composants fondamentaux des protéides.

● *Sources de l'azote.* On distingue :

— l'azote atmosphérique, gaz libre entrant dans la composition de l'air dans la proportion de 78 % ;

— les vapeurs ammoniacales (NH_3), nitreuses (NO_2) et nitriques (NO_3) qui flottent, à l'état de traces, dans l'atmosphère ;

— l'azote protéidique (ou biologique), présent dans l'organisme des innombrables Animaux et Végétaux qui peuplent le sol jusqu'à une certaine profondeur ;

— l'azote protéidique présent dans les déjections et cadavres de ces Animaux et Végétaux ; l'azote protéidique subit trois transformations appelées : humification, ammonisation et nitrification.

Les Végétaux se nourrissent soit à partir de l'azote libre, soit à partir de l'azote protéidique selon des processus que nous allons examiner.

● *Humification, ammonisation et nitrification.* Ce sont trois processus biologiques de transformation de l'azote protéidique.

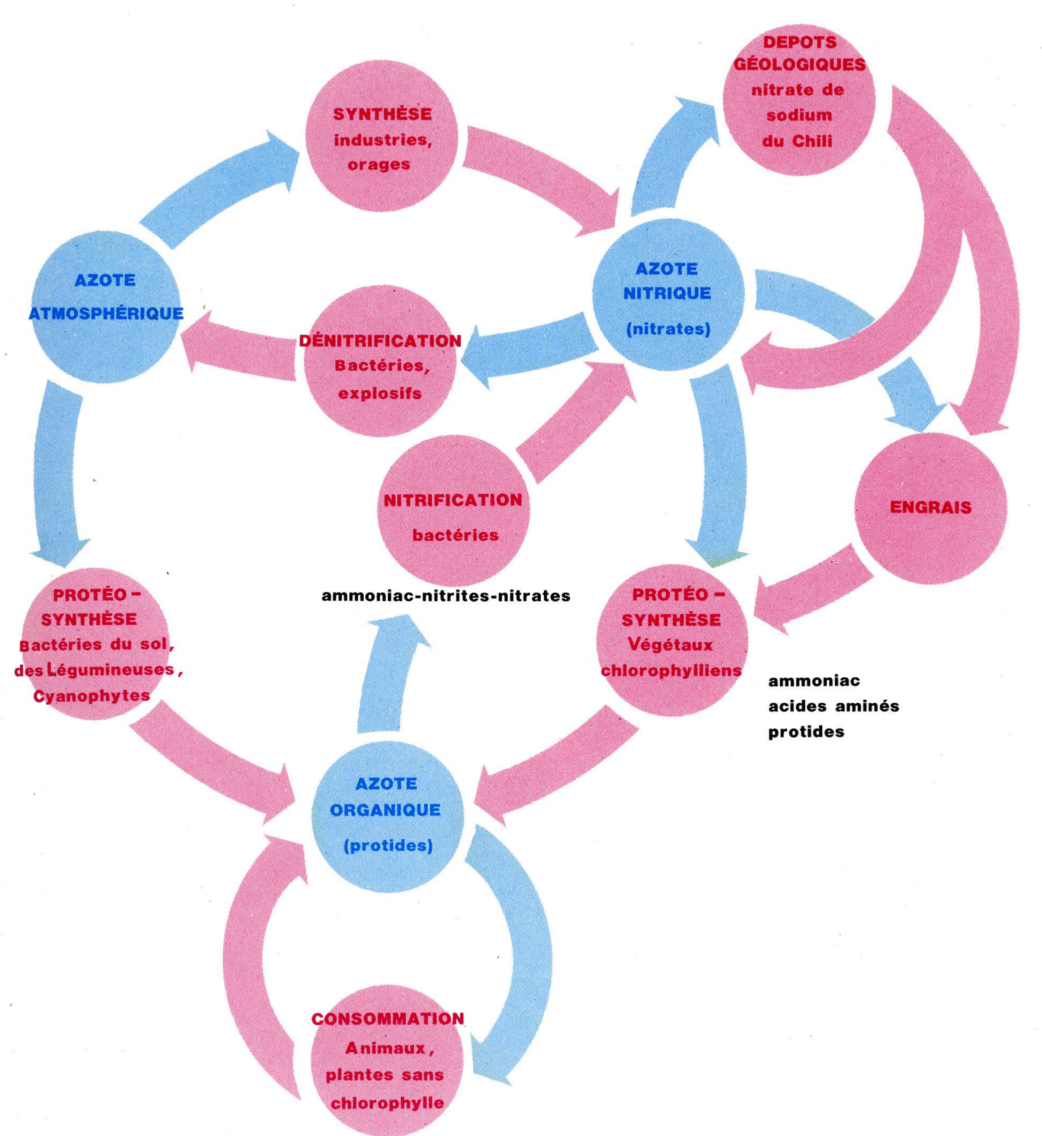
— *L'humification* est une décomposition de tous les débris organiques qui se trouvent dans le sol en présence d'air par de nombreuses espèces de Bactéries et de Champignons. Les transformations nombreuses et complexes aboutissent à la formation d'un mélange qu'on appelle l'*humus,* de composition variable selon les conditions de la végétation et l'activité des micro-organismes du sol.

— *L'ammonisation* est réalisée par des Bactéries et des Champignons qui décomposent des acides aminés et les matières qui en dérivent (amine, amide). Ainsi l'*urée,* constituant fondamental de l'urine, dont la formule est $CO\ (NH_2)_2$ est une amide dans laquelle prolifèrent, lorsqu'elle est rejetée par les Animaux, une foule de Bactéries dont la plus connue est *Micrococcus ureæ* (découvert par Pasteur). Ce micro-organisme transforme l'urée en carbonate d'ammonium selon la réaction :

$$CO\begin{matrix} NH_2 \\ \\ NH_2 \end{matrix} + 2H_2O \longrightarrow CO_3\ (NH_4)_2$$

(on extrait d'ailleurs de *Micrococcus ureæ* une enzyme très active : l'*uréase*). Autres agents d'ammonisation : des Champignons (Mucor, Aspergillus, etc.), des Bactéries (*Bacillus mycoides, Bacillus subtilis, Bacillus coli, Bacillus fluorescens,* etc.).

— La *nitrification* transforme l'azote ammoniacal (NH_3 ou NH_4) en azote oxydé (NO_2 ou NO_3). Un exemple classique est la formation de *salpêtre* (mélange de nitrate de calcium et de nitrate de potassium) dans les lieux humides, souillés de matières organiques. La formation des nitrates n'a été comprise qu'à partir de 1870 (expériences de Boussingault). On croyait auparavant que l'ammoniac provenant de la décomposition des matières organiques était oxydé par l'oxygène de l'air ; Boussingault a montré qu'il n'en était rien et Winogradsky (1856-1953) a isolé, à la fin du XIX[e] s., des Bactéries se développant, comme les plantes vertes, en milieu purement minéral et fabriquant leurs propres aliments (Bactéries autotrophes), assurant par leur métabolisme l'oxydation de l'ammoniac. Ce sont des Bactéries appelées *nitreuses* quand elles assurent l'oxydation de l'ammoniac en acide nitreux (HNO_2) et des Bactéries *nitriques* quand elles oxydent l'oxyde nitreux en *acide nitrique* (HNO_3). L'action



Le cycle de l'azote.

des premières s'appelle *nitrosation ;* celle des secondes *nitratation.*

● *Utilisation de l'azote par les Végétaux.* Les Végétaux utilisent soit l'azote de l'air (l'azote libre) soit l'azote protéidique du sol. Les processus de fixation ne sont pas les mêmes.

— L'azote libre (azote atmosphérique) est d'abord fixé dans le sol par des Bactéries fixatrices qui ont été isolées notamment par Winogradsky et le biologiste hollandais Beijerinck. Ce sont soit des Bactéries anaérobies *(Clostridium pasteurianum),* soit des Bactéries aérobies *(Azotobacter).* Cet azote, fixé dans le sol, passe ensuite dans la plante. Mais certains Végétaux peuvent aussi fixer directement l'azote atmosphérique : ce sont des plantes qui possèdent, dans des petits tubercules globuleux ou ovoïdes appelés *nodosités,* des Bactéries fixatrices d'azote (c'est le cas des Légumineuses : Trèfle, Luzerne, Pois, Lupin, etc.). Les Bactéries des nodosités sont répandues dans les sols, pénètrent à l'intérieur des racines par les poils absorbants et s'accumulent à l'intérieur des nodosités en *cordons mucilagineux,* envahissant toutes les cellules. En vivant à l'intérieur des nodosités, elles transforment leur aspect morphologique ; on les appelle alors parfois des *Bactéroïdes.*

— Utilisation de l'azote ammoniacal et de l'azote nitrique (azote entrant dans la composition des sels ammoniacaux et des nitrates et qui se trouve, par conséquent, dans les sols). A partir de cet azote minéral, qui pénètre au niveau de l'assise pilifère, la plante fait la synthèse de ses protéides (la *protéosynthèse*). De nombreuses expériences ont montré que l'assimilation des nitrates était plus rapide à la lumière qu'à l'obscurité ; on ne peut cependant pas parler de photosynthèse, car la synthèse des protéides peut avoir lieu aussi dans l'obscurité.

La question de savoir quels sont les intermédiaires entre les nitrates et l'ammoniac d'une part, les molécules protéidiques parfois extrêmement complexes qui constituent la « chair » des Végétaux d'autre part, est loin d'avoir reçu une réponse satisfaisante à l'heure actuelle. On est cependant renseigné sur plusieurs processus de protéosynthèse.

1. Dans la plante, l'azote minéral est utilisé à l'état d'ammoniac (NH_3) ; c'est-à-dire qu'à partir des nitrates, par exemple, il y a d'abord une série de transformations qui, par les nitrites et l'hydroxylamine (de formule NH_2OH), aboutit à ce composé.

2. L'ammoniac, fixé sur des acides organiques divers, permet l'obtention d'acides aminés qui seront eux-mêmes transformés en d'autres acides aminés. Par exemple, cette combinaison de l'ammoniac avec l'acide α-cétoglutarique, accompagné d'une réduction grâce au $NADPH_2$, aboutit à la formation d'acide glutamique, qui est un amino-acide ; de même, avec l'acide fumarique, l'ammoniac donne l'acide aspartique, etc.

3. Quant à la synthèse des protéides à partir des amino-acides ainsi obtenus, son mécanisme est maintenant bien connu depuis que le rôle des acides nucléiques a été décrit : les ADN du noyau produisent des ARN (appelés *ARN de transfert, messagers,* etc., grâce au fonctionnement desquels sont assemblés, selon un modèle qui fait partie de l' « information génétique », les molécules d'acides aminés.

● *Le cycle de l'azote.* En résumé, il existe dans la nature un *cycle de l'azote* comportant une dégradation des matières protéiques qui se transforment en matières minérales (ammoniac, nitrites, nitrates et azote libre) et une reconstitution des mêmes matières à partir des produits minéraux de cette dégradation par les Végétaux verts et de nombreux Végétaux sans chlorophylle (Champignons, Bactéries). Ce cycle n'est pas simple ; les différentes étapes en sont souvent favorisées ou même intégralement réalisées par des Bactéries.

Le rôle du soufre.

Le soufre, présent dans les protéides, est aussi un constituant fondamental de la matière végétale. Nous ne nous étendrons pas sur ce sujet, n'en retenant que le bref résumé suivant.

● *Le soufre des matières organiques* (soufre protéidique) est isolé, chez les Animaux et les Végétaux morts, sous forme d'anhydride sulfhydrique, H_2S (nom vulgaire : hydrogène sulfuré), par l'intermédiaire de Bactéries spécialisées, les *Bactéries de la putréfaction ;* l'odeur putride de H_2S est caractéristique (odeur violente d'œuf pourri).

● *D'autres Bactéries* (Thiobactériales, Sulfobactéries, etc.) consomment ce gaz sulfhydrique et le transforment, dans leurs cellules, en soufre colloïdal.

● *Le soufre colloïdal,* l'hydrogène sulfuré (SH_2), les sulfures, les hyposulfites peuvent être oxydés par des *Bactéries sulfoxydantes.* Certaines Bactéries accumulent le soufre provenant de l'oxydation de SH_2 dans leur cellule, d'autres le libèrent, d'autres enfin le réutilisent (formation d'acide sulfurique et de sulfates).

● *Les Végétaux utilisent le soufre* à l'état de sulfites ou de sulfates, au même titre que les nitrates (nous avions d'ailleurs du sulfate de magnésium dans le liquide de Sachs et dans le liquide de Knop. Les sulfates absorbés sont réduits dans les cellules du Végétal, le soufre est séparé de l'oxygène et combiné à l'hydrogène puis aux molécules protéidiques. On connaît mal le mécanisme chimique de ce processus. Lorsque la plante meurt, son soufre protéidique est transformé en soufre minéral par les Bactéries de la putréfaction et le *cycle du soufre* recommence.

Réserves et produits d'excrétion.

Nous avons vu, dans ce qui précède, les Végétaux fixer des substances minérales (carbone du gaz carbonique, azote des nitrites ou des nitrates, soufre des sulfates) et constituer à partir d'elles, par synthèse, les matières organiques nécessaires à leur développement (glucides, protides). Il existe encore deux processus métaboliques à étudier :

— la mise en réserve des excédents ;
— l'excrétion des déchets.

Les réserves végétales.

Il est précieux de les connaître car nous autres, Animaux humains, à la fois herbivores et carnivores, incapables de fabriquer par synthèse nos propres matières organiques, nous consommons ces substances notamment sous leur forme végétale.

● *Où se trouvent les matières de réserves chez les Végétaux ?*

Ces matières sont dans des organes bien déterminés, le plus souvent souterrains (racines, tiges ou bourgeons souterrains) dont les cellules ont une grande capacité d'accumulation. Ces organes sont *tuméfiés par hyperplasie* (développement excessif des parenchymes). Les principaux sont décrits dans le tableau suivant.

Nom des organes	Description et exemples
Racines	Elles élaborent des holosides (amidon, etc.) ; voir tableau résumé de *Biochimie,* pp. 6-7. Exemples : Betterave, Radis, Dahlia.
Tiges	Les tiges incolores (sans chlorophylle) accumulent aussi des holosides, comme les racines ; lorsque ces tiges prennent une grande ampleur (hyperplasie), on les appelle des *rhizomes* ou des *tubercules* (c'est le cas, en particulier, de la Pomme de terre).
Rhizomes	Tiges souterraines rampantes, ramifiées, terminées par un bourgeon et comprenant de nombreuses matières de réserves. Ne pas confondre avec la racine de la plante. Exemples : Iris, Fougères.
Tubercules	Tiges souterraines hyperplasiées formées à l'extrémité des rameaux souterrains de la tige principale et contenant en réserve des holosides (amidon). Exemples : tubercule de Pomme de terre, Crosne (*Stachys tuberifera*).
Bulbes	Gros bourgeons souterrains, constitués par une tige très courte complètement recouverte de feuilles modifiées. On distingue des *bulbes solides* (la tige seule est épaissie et sert d'organe de réserve), des *bulbes à écailles* (feuilles épaissies) et des *bulbes tuniqués*. Exemples : bulbe des Iridacées (bulbe solide) ; bulbe des Lis (bulbe écailleux) ; Oignon, Jacinthe, etc. (bulbes tuniqués).

Les organes de réserves chez les Végétaux.

EXCRÉTION VÉGÉTALE : LES ALCALOÏDES

Quelles sont les matières de réserves les plus courantes? Ce sont évidemment des glucides, des lipides et des protides; leur état est précisé dans le tableau ci-dessous.

Matières de réserves	Observations
Saccharose ($C_{12}H_{22}O_{11}$)	C'est le sucre de Canne, dissous dans le suc vacuolaire. On le trouve dans les racines de Betterave, dans la moelle des tiges de Canne à sucre, dans la sève de l'Érable à sucre (arbre des forêts de l'Amérique du Nord).
Maltose ($C_{12}H_{22}O_{11}$)	Le maltose se distingue du saccharose dans la mesure où il est un diholoside réducteur. Sa présence à l'état de réserve chez les Végétaux est rare; mais il apparaît en grande quantité lors de l'hydrolyse de l'amidon.
Amidon $(C_6H_{10}O_5)_n$	A l'état de *grains* incolores et réfringents dans les cellules; colorés en bleu violacé par les réactifs iodés. L'hydrolyse de l'amidon (destruction de la molécule par l'eau) peut être obtenue soit par les acides minéraux (on obtient du glucose), soit par une enzyme, *l'amylase* (on obtient du maltose).
Glycogène (même formule brute que l'amidon)	Substance amorphe, colloïdale, colorée en brun acajou par les réactifs iodés. C'est la réserve glucidique principale des Végétaux non verts (sans chlorophylle).
Celluloses (même formule brute que l'amidon)	Ce sont des holosides de très haut poids moléculaire (*n* de l'ordre de 100 à 1 000), constituant les tuniques celluloso-pectiques des cellules végétales.
Inuline (même formule brute que l'amidon)	Glucide de réserve propre à la famille des *Composées* et à quelques familles voisines : Artichauts, tubercules de Topinambour ou de Dahlia, racine de Chicorée, etc. L'inuline existe à l'état dissous dans les vacuoles des cellules vivantes; quand on tue ces cellules avec un alcool fort, elle précipite sous forme de *cristaux d'inuline* caractéristiques.
Réserves lipidiques	Gouttes huileuses, parfois extrêmement abondantes dans les cellules des Végétaux, à partir desquels on peut les extraire (Oléagineux) : graines de Pin, de Noisetier, de Noyer, de Ricin, de Colza, de Pavot, d'Arachide, de Soja, etc.
Réserves protidiques	Entreposées dans les graines à l'état de grains d'*aleurone*; quelques Végétaux ont aussi des réserves protidiques dans leurs organes végétatifs (Champignons).

Les matières de réserves.

Les produits d'excrétion.

La nutrition des Végétaux implique la formation de *déchets* qui sont plus ou moins rapidement excrétés en dehors de l'organisme; certains d'entre eux peuvent auparavant jouer un rôle physiologique (mal connu ou ignoré). Les principaux produits d'excrétion sont :

— le gaz carbonique (produit de la respiration et des fermentations);

— les *essences* : liquides visqueux, plus ou moins volatils, mélanges de composés *terpéniques* (les *terpènes* sont des associations de *n* noyaux de formule brute C_5H_8); les exemples les plus connus sont le *caoutchouc*, la gutta-percha;

— les *résines*, produits colloïdaux résultant de l'oxydation des terpènes;

— les *alcaloïdes*, substances organiques présentant toujours une réaction basique (d'où leur nom; un *alcali* est une base soluble), utilisées en thérapeutique humaine pour leurs propriétés caractéristiques (variables selon les doses, les produits associés, etc.); la plupart d'entre eux sont des poisons à certaines doses. Nous avons cité par ordre alphabétique, dans le tableau suivant, les principaux alcaloïdes qu'on rencontre dans le monde végétal.

Alcaloïdes	Végétaux chez lesquels on les rencontre	Principale action physiologique
Aconitine	Renonculacées vénéneuses comme les Aconits (genre *Aconitum*); plus de 70 espèces dans l'hémisphère boréal; 4 espèces en France.	A doses élevées : paralysie des muscles respiratoires et mort par asphyxie.
Anhaline	Cactacées, plantes surtout mexicaines comme *Lophophora williamsii*, le Peyotl des Indiens du Mexique. L'anhaline est associée à d'autres alcaloïdes dans cette plante : mescaline, anhaloline.	Narcotique enivrant provoquant des hallucinations colorées.
Arécaïne	« Noix d'Arec », graine d'*Areca catechu*, Palmier de l'Asie tropicale.	Vermifuge.
Arécoline	Idem.	Idem.
Atropine	Dans les Solanacées comme la Belladone (*Atropa belladona*) et la Jusquiame (*Hyoscyamus niger*).	L'atropine diminue et tarit la sécrétion glandulaire, produit la dilatation pupillaire (mydriase) et accélère légèrement le rythme cardiaque (c'est un *parasympathicolytique*).
Berbérine	Chez une Renonculacée de l'Amérique du Nord : *Hydrastis canadensis* et chez les Berberidacées.	Vaso-constricteur (hémostatique); antifébrifuge.
Brucine	*Strychnos*, arbre et arbrisseau des régions équatoriales, plus précisément *Strychnos nux-vomica*.	Poison violent (mêmes propriétés que la *strychnine*).
Caféine	Colatiers (« noix de Cola ») en Afrique tropicale, Caféiers (genre *Coffea*), Théiers (*Camellia theifera*), le Houx sud-américain constituant le *maté* : *Ilex paraguariensis*.	Effet tonique et diurétique (utilisée en thérapeutique comme stimulant).
Cocaïne	*Erythroxylon coca*, arbuste originaire de la Colombie et du Pérou; la cocaïne, associée à d'autres alcaloïdes comme les truxillines (poisons du cœur) est localisée dans les feuilles.	Effet analgésique (suppression de la douleur) : la mastication des feuilles de Cola calme la faim et la soif. Propriétés analogues à celles de l'adrénaline.
Codéine	Mêlée à d'autres alcaloïdes (narcotine, narcéine, morphine, thébaïne) dans le latex contenu par les capsules du Pavot somnifère *(Papaver somniferum)*.	La codéine anesthésie les centres réflexes de la toux.
Colchicine	Dans le Colchique (*Colchicum autumnale*, famille des Liliacées).	C'est un poison spécifique de la caryocinèse, c'est-à-dire de la multiplication des cellules. Elle provoque la constitution de noyaux monstrueux comprenant jusqu'à 64 fois plus de chromosomes que les noyaux normaux.
Conicine ou Cicutine	Grande Ciguë *(Conium maculatum)*, plante ombellifère.	Poison violent.
Curarine	*Strychnos toxifera*, liane servant à préparer le curare (dans la racine et l'écorce). La curarine est associée à la brucine, à la strychnine, etc.	Poison paralysant, agissant sur la plaque motrice des muscles (qui ne se contractent plus).
Émétine	*Cephaelis ipecacuanha*, dont la racine sèche est l'*Ipéca* officinal.	Effet vomitif; utilisé en chimiothérapie contre l'Amibe dysentérique.
Ergotoxine	Alcaloïde de l'ergot de Seigle.	Contraction des muscles lisses; *gangrène sèche* des pieds et des mains (« mal des ardents »); convulsions.
Ésérine	Fève de Calabar *(Physostigma venenosum)*, liane voisine des Haricots, originaire d'Afrique occidentale.	Parasympathicomimétique : excitation de la sécrétion glandulaire, production du myosis (contraction pupillaire), ralentissement du rythme cardiaque.
Hyoscia-mine	Belladone et Jusquiame (voir Atropine).	
Morphine	L'un des alcaloïdes de l'opium, dans le Pavot (voir Codéine).	C'est un analgésique, un anesthésiant et un soporifique. Absorbé par ingestion ou injection.
Narcéine, narcotine	Alcaloïdes de l'opium du Pavot (voir Codéine).	

Ci-dessus : les principaux alcaloïdes.

Ci-dessous : la Belladone. Remarquer les fruits (baies), noirs et vénéneux.



Cl. Vallin.

Croissance et mode de vie des Végétaux.

Ces problèmes relèvent de la biologie générale. Rappelons quelques résultats fondamentaux.

● *Les organes végétatifs* des plantes ont une croissance en longueur par l'effet des *méristèmes apicaux*, une croissance en épaisseur à partir des *cambiums*; cette croissance fait intervenir des *hormones* (auxines, hétéro-auxines).

● *Les plantes en cours de croissance* sont animées de mouvements d'orientation : les *tropismes* (*tropos* = « direction ») : géotropisme (influence de l'attraction terrestre); phototropisme (influence de la lumière); chimiotropisme (influence de certaines substances chimiques); hydrotropisme (influence de l'eau). Par exemple les racines ont en général un géotropisme positif (elles tendent à s'enfoncer dans la terre), les tiges ont en général un géotropisme négatif (elles tendent à s'élever dans les airs).

Il ne faut pas confondre les tropismes avec les *tactismes*, mouvements sans rapport nécessaire avec la

Alcaloïdes	Végétaux chez lesquels on les rencontre	Principale action physiologique
Nicotine	*Nicotiana tabacum, Nicotiana rustica* : ce sont les Tabacs, herbes originaires de l'Amérique du Sud.	Insecticide, parasiticide; léger euphorisant et excitant psychique temporaire.
Opium	Ce n'est pas un alcaloïde, mais un latex séché, qu'on extrait des capsules mûres du Pavot somnifère; on en tire des alcaloïdes : codéine, narcéine, narcotine, morphine, papavérine.	Somnifère et analgésique, comme les alcaloïdes qu'il renferme ; mâché ou fumé, l'opium a un léger effet euphorisant et peut provoquer un sommeil onirique (sommeil avec rêves); l'usage répété et abusif conduit à des désordres physiques graves.
Papavérine	Un des alcaloïdes du Pavot.	
Pilocarpine	Genre *Pilocarpus*, arbustes originaires du Brésil.	Parasympathicomimétique (comme l'ésérine).
Quinine	Dérivé de la quinoléine, alcaloïde du Quinquina (genre *Cinchona*), arbuste originaire des Andes et de l'Amérique du Sud, cultivé dans toute la zone tropicale.	Fébrifuge (utilisé en particulier contre les fièvres du paludisme).
Scopolamine	Chez la Jusquiame (voir Atropine).	Effet voisin de l'atropine.
Spartéine	Dans le Genêt à balai *(Sarothamnus scoparius)*.	Toni-cardiaque, diurétique.
Strychnine	*Strychnos nux-vomica* et *Strychnos ignatis* (Noix vomique et Fève de saint Ignace). Il n'y a pas de strychnine dans *Strychnos toxifera*, mais uniquement de la curarine.	Curarisation des muscles (poison violent); à petite dose : tonique et stomachique.
Thébaïne	Alcaloïde du Pavot.	
Théobromine	Cacaoyer *(Theobroma cacao)*, petit arbre originaire d'Amérique centrale; à faible dose dans les Colatiers.	Diurétique.
Vératrine	*Veratrum album* ou Vératre, dont une espèce des prés humides est appelée *Ellébore blanc*.	Voisin de la colchicine.

croissance et déterminés par un facteur de dissymétrie dans le milieu vital. Exemples de tactismes : orientation des chloroplastes par la lumière dans les cellules (phototactisme), orientation et déplacement de cellules mobiles, comme les spermatozoïdes, par la présence dans le milieu vital de certaines substances (chimiotactismes).

Il ne faut pas non plus les confondre avec les mouvements d'ouverture et de fermeture des fleurs *(mouvements nyctinastiques)*, déterminés par la luminosité et la température, ni avec les *mouvements provoqués* de certaines plantes comme les Sensitives ou les plantes carnivores, dont les feuilles sont mises en mouvement par le contact d'un corps étranger, à la manière du réflexe animal (mais sans rapport avec ce phénomène : il n'y a pas de système nerveux végétal; on suppose l'intervention d'une hormone diffuse).

● *Enfin, il faut signaler* les phénomènes très importants de *parasitisme* (vie d'un être vivant aux dépens d'un autre être vivant qu'on appelle son *hôte*) et de *symbiose* (association biologique entre deux organismes, végétaux en l'occurrence). Nous ne les étudierons pas ici (ils relèvent de la biologie générale).

REPRODUCTION DES VÉGÉTAUX.

Rappel de biologie cellulaire.

Les chromosomes.

Nous avons localisé, dans les cellules végétales, la présence d'un *noyau,* tout comme dans les cellules animales. Au cours de la multiplication cellulaire appelée *mitose,* nous avons vu s'individualiser dans ce noyau des petits filaments de formes caractéristiques (en I, en J, en L, en rince-bouteille, etc.), appelés *chromosomes.* Sur la photographie ci-dessous, on voit (en microscopie optique) les chromosomes d'une cellule d'Oignon en cours de division : ils forment ce qu'on appelle une *plaque équatoriale.* La microscopie photonique a permis de constater la présence de plusieurs éléments dans un chromosome : une granulation appelée le *centromère,* au point où le chromosome présente un étranglement important (étranglement primaire), un long filament homogène de 0,3 à 0,5 μ de diamètre : le *chromonéma,* enroulé comme un ressort à boudin, une substance fondamentale, amorphe, la *matrice,* et des granulations portées par le chromonéma : les *chromomères.* Quant à leur infrastructure, celle qu'on peut étudier au microscope électronique, elle est encore mal connue malgré le nombre impressionnant de travaux accomplis à ce jour par les chercheurs.

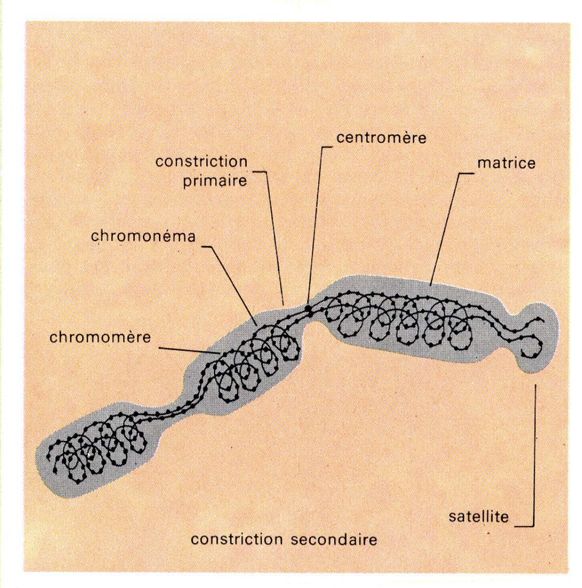


Schéma d'un chromosome.
***Les chromosomes ne sont pas visibles dans la cellule au repos; quand elle se divise par mitose, ils s'individualisent avant de se fissurer et de se répartir en deux groupes, pour les deux cellules filles. Le schéma ci-dessus correspond à un stade de la mitose appelé la* métaphase.**

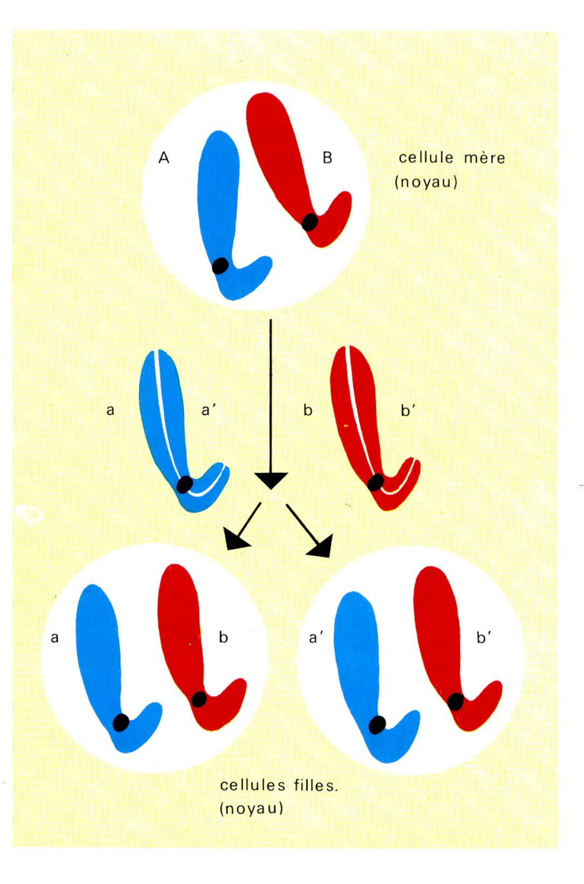
Cl. Prato.

Au cours de la* mitose *(division de la cellule), les chromosomes s'individualisent et, après fissuration, se séparent en deux groupes, comme on le voit nettement sur la cellule qui se trouve au centre de cette préparation.

Si l'on compte le nombre de chromosomes présents dans une cellule quelconque d'un organisme animal ou végétal, on constate qu'il est toujours le même pour une espèce donnée. Par exemple, il y a 20 chromosomes dans les cellules du Maïs, 24 chromosomes dans celles du Lis blanc, 48 dans celles du Tabac, etc.; ce *nombre chromosomique,* ainsi que l'aspect morphologique des chromosomes sont caractéristiques de l'espèce considérée; en outre, du moins chez les Végétaux supérieurs, les chromosomes vont par *paires :* deux chromosomes d'une même sorte étant dits *homologues.* D'une manière générale, donc, une cellule (animale ou végétale) comportera *n* paires de chromosomes, soit 2*n* chromosomes, bien déterminés : c'est ce qu'on appelle son *équipement chromosomique.* Dans le Maïs, par exemple, les noyaux cellulaires comptent 2 × 10 chromosomes, dans le Lis blanc 2 × 12, etc. Ce nombre pair est appelé *diploïde ;* les cellules ainsi équipées sont des *cellules diploïdes ;* le phénomène est appelé la *diploïdie* (nous verrons que, chez certains organismes végétaux, les cellules de l'appareil végétatif ne possèdent que *n* chromosomes : elles sont dites *haploïdes ;* le phénomène s'appelle l'*haploïdie*). La composition chimique des chromosomes végétaux est, pour l'essentiel, la même que celle des animaux : des *protéines* (acides, comme la *protéine de Mirsky ;* basiques, contenant du soufre et un acide aminé, la *tyrosine :* ce sont les *histones*) combinées à deux *acides nucléiques* dont les molécules sont énormes (masse moléculaire dépassant le million) : l'*acide désoxyribonucléique*, en abrégé ADN, et l'*acide ribonucléique,* en abrégé ARN. Pour fixer les idées : la molécule d'ADN se présente sous l'aspect d'une double hélice de 20 Å de diamètre dont le *pas* mesure 34 Å (1 Å = 0,000 000 0 1 cm).

Transmission de l'équipement chromosomique : mitose et méiose.

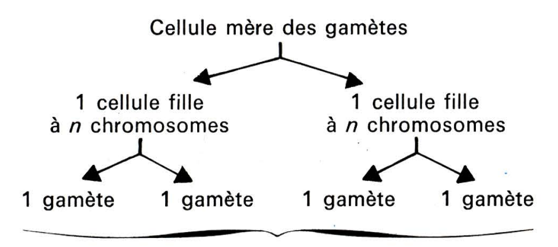
● *Une cellule mère diploïde* (2*n* chromosomes) se divise par mitose (caryocinèse) en deux cellules filles possédant chacune 2*n* chromosomes ; cette transmission des chromosomes est possible car, au cours de la division, ses éléments se sont dédoublés avant de se répartir entre les deux cellules filles, comme le montre le schéma suivant pour un couple *A* et *B* de chromosomes.



Transmission d'une paire de chromosomes (schéma). Les chromosomes* A *et* B *(identiques) se dédoublent en donnant chacun deux chromosomes « fils » :* a *et* a' *pour A,* b *et* b' *pour* B, *qui se répartissent ensuite entre les deux cellules filles.

Cette mitose, qui fournit aux cellules filles le même équipement chromosomique que celui de la cellule mère, s'appelle *mitose équationnelle.*

Il y a à ce processus une exception très importante : certaines cellules spécialisées ont subi la *réduction chromosomique,* c'est-à-dire voient leur équipement chromosomique diminuer de moitié au cours de la mitose :



à *n* chromosomes

Le phénomène s'appelle la *mitose réductionnelle* ou *méiose.* Il est indispensable pour assurer la *diploïdie* de l'espèce qui se reproduit sexuellement ; en effet, lors de la *fécondation,* il va y avoir mise en commun des stocks chromosomiques de chaque gamète et l'on aura :

n chromosomes d'un gamète ♂ + *n* chromosomes d'un gamète ♀
⟶ œuf (ou zygote) à 2*n* chromosomes : nouvel individu, fils de ♂ et de ♀.
(les signes ♂ et ♀ signifient respectivement « mâle » et « femelle »).

Les gamètes et la fécondation.

● *On appelle gamètes* des cellules à *n* chromosomes susceptibles de fusionner deux à deux (*gamos* = « union »), phénomène auquel on donne le nom de *fécondation.* Le produit de cette fusion est une cellule à 2*n* chromosomes : l'*œuf* ou *zygote* (*zugos* = « couple ») qui, en se multipliant, va se développer en un être vivant semblable à ceux qui avaient produit les gamètes.

Lorsque les gamètes, provenant de deux individus différents ou du même individu, sont identiques morphologiquement, on dit qu'il y a *isogamie* (*isos* = « égal ») ; dans le cas contraire on parle d'*hétérogamie.* Lorsqu'il ne s'agit que d'une différence de taille et de comportement (mobilité, immobilité), l'hétérogamie est une *anisogamie* ; s'il y a différence de structure, avec un gamète mâle flagellé et mobile, un gamète femelle sans flagelle et plus ou moins immobile, il s'agit d'une *oogamie.* Identiques ou pas, les gamètes se forment dans des organes particuliers s'il s'agit des Végétaux supérieurs, dans des parties non différenciées de l'organisme (du thalle) s'il s'agit de certains Végétaux inférieurs. Lorsqu'on peut distinguer, par leur forme ou leur comportement, les gamètes, on appelle les uns *gamètes mâles* (♂) ou *spermatozoïdes* ou *androgamètes,* et les autres *gamètes femelles* (♀) ou *oosphères* ou *gynogamètes.*

Remarque : les gamètes mâles des Animaux et des Végétaux sont rigoureusement homologues ; on utilise donc le même terme pour les désigner *(spermatozoïdes).* On disait autrefois *anthérozoïdes* pour les Végétaux et *spermatozoïdes* pour les Animaux ; cette distinction ne se justifie pas.

● *La fécondation* est l'union des deux gamètes ; *en principe,* le phénomène peut être schématisé de la sorte :

— 1. les gamètes mâles (spermatozoïdes) s'approchent du gamète femelle (oosphère) ;

— 2. un gamète mâle pénètre dans le gamète femelle ; les cytoplasmes des deux cellules se confondent ; dans la plupart des cas il ne pénètre qu'un spermatozoïde dans l'oosphère : c'est ce qu'on nomme la *monospermie ;*

— 3. les noyaux se fusionnent ($n + n = 2\,n$ chromosomes), mais les autres éléments (mitochondries, chloroplastes) *ne se fusionnent pas :* ils conservent leur individualité ;

— 4. le résultat de la fécondation est le *zygote,* qui possède 2*n* chromosomes.

● *La reproduction des Végétaux* ne se fait pas toujours d'une façon sexuée, c'est-à-dire avec production de gamètes et fécondation ; les Végétaux inférieurs et — dans certains cas particuliers — les Végétaux supérieurs, peuvent se reproduire d'une façon asexuée (certains Végétaux inférieurs ne se reproduisent même que de cette façon). C'est précisément la complexité croissante des phénomènes de reproduction, ce qu'on pourrait appeler l'*escalade sexuelle végétale,* depuis les Bactéries et les Algues bleues jusqu'aux Phanérogames (plantes à fleurs) qui a servi de critère à quelques grands cadres de classification.

Nous étudierons les particularités reproductives des diverses catégories de Végétaux dans les numéros qui leur sont consacrés ; mais il est nécessaire, auparavant, de faire un tour d'horizon schématique des phénomènes de reproduction au sein du monde végétal.

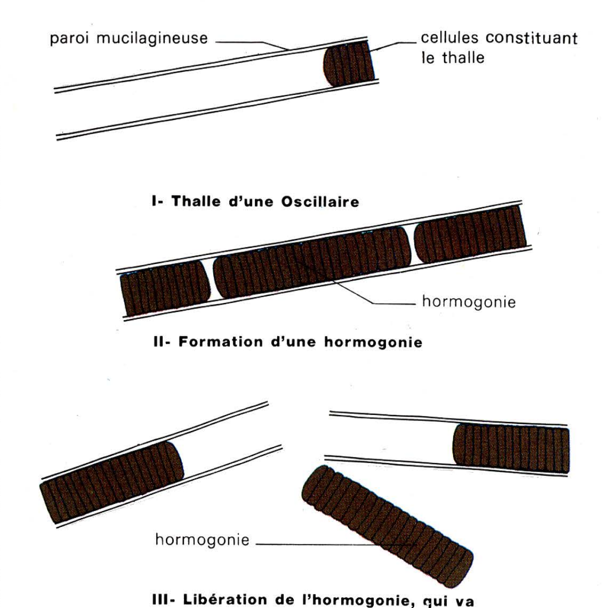
La multiplication asexuelle des Végétaux inférieurs.

Rappelons qu'on appelle *thalle* l'organisme végétatif des Végétaux qui ne possèdent ni racine ni tige ni feuilles. Ce thalle peut se réduire à une seule cellule microscopique dans le cas des Végétaux unicellulaires ; il peut servir à désigner aussi une colonie de Végétaux unicellulaires. D'autre part, nous n'étudierons ici la multiplication asexuelle que chez les Algues et les Bryophytes ; pour les Bactéries et les Champignons, voir les numéros correspondants.

Cela précisé, une définition : il y a *multiplication asexuelle* (ou encore *reproduction asexuée*) toutes les fois que la formation d'un nouveau thalle a lieu sans qu'il y ait production de gamètes ni fécondation, c'est-à-dire lorsqu'il y a simplement reproduction végétative.

Multiplication par fragmentation du thalle.

C'est une des formes les plus simples de reproduction asexuée ; on la rencontre chez certaines Algues bleues et chez certaines Algues vertes inférieures qui présentent un thalle filamenteux composé d'une file de cellules semblables. Nous prendrons l'exemple des *Oscillaires* (genre *Oscillatoria*), Algues bleues communes dans les eaux douces ou salées et les terres humides : leur thalle, qui se présente sous forme de petits filaments, peut se morceler en fragments uni- ou pluricellulaires (les *hormogonies*) qui glissent dans l'eau par un mouvement propre après s'être détachés du thalle primitif et se fixent en un lieu favorable où ils s'allongent en un nouveau filament. Ce mode de reproduction est très rudimentaire, il est plus proche de la *prolifération* d'une colonie que de la reproduction proprement dite.

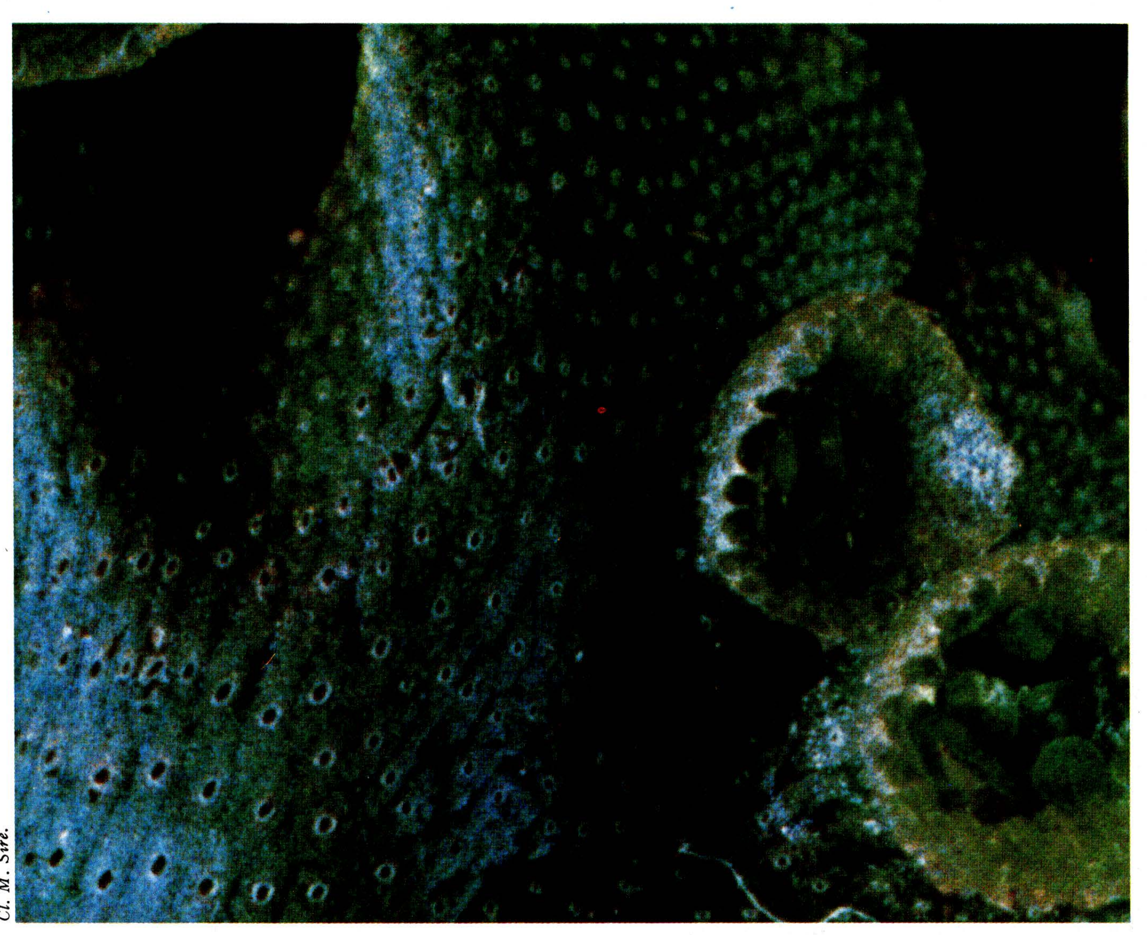


Reproduction asexuée d'une Oscillaire.

Multiplication par formation de propagules.

Certaines Hépatiques (plantes qui, avec les Mousses et les Anthocérotes, constituent l'embranchement des Bryophytes) produisent, à certains moments de leur vie, des petits organes de dissémination appelés *propagules.* Chez *Marchantia polymorpha* par exemple, les propagules naissent au fond de petites corbeilles que l'on remarque sur la photographie très agrandie (× 30) ci-dessous ; ils forment des petits massifs cellulaires qui, lorsqu'ils tombent sur un substrat favorable (sol humide), se développent et donnent naissance à un nouveau thalle.

Remarque importante : les Hépatiques sont des Végétaux évolués ; *Marchantia polymorpha* présente aussi un mode de reproduction sexué.



Cl. M. Sire.

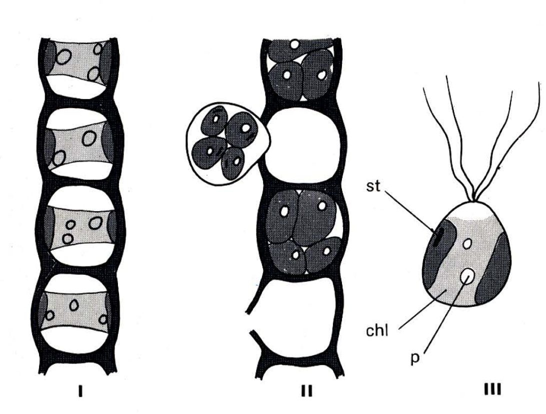
Marchantia polymorpha *est une Hépatique qui se développe sur la terre humide, en présentant un large thalle aux contours irréguliers (contours lobés). La face supérieure de cette plante, que l'on voit sur la photographie ci-dessus, porte des petites corbeilles dentelées, de forme circulaire, au fond desquelles se trouvent les* **propagules**, *qui sont surtout produites pendant l'hiver. Ces boutures, disséminées sur le sol, germeront lorsque les conditions seront favorables (humidité, etc.) et reproduiront par multiplication végétative d'autres* **Marchantia polymorpha.**

Multiplication par formation de spores.

Les spores (*spora* = « semence ») sont des cellules ayant subi une différenciation poussée ; elles se forment sur le thalle d'un Végétal et, au moment favorable, l'abandonnent pour se fixer sur un substrat et donner, en se développant, un nouveau thalle. La multiplication par spores se rencontre chez de nombreuses Algues vertes, certaines Algues brunes (Phéophycées), chez les Champignons (voir p. 53) et chez les Bryophytes (Mousses).

● *Les hypnospores.* Ce sont des cellules qui, dans un thalle, accumulent des réserves nutritives et sécrètent une enveloppe résistante qui les protège des conditions défavorables éventuelles (sécheresse, etc.). Elles sont libérées du thalle où elles se sont formées, et restent en sommeil pendant quelque temps (*hupnos* = « sommeil »), jusqu'à ce que les conditions de développement (température, lumière, humidité, etc.) leur soient favorables. Elles se multiplient alors activement et un nouveau thalle se forme. On rencontre ce mode de reproduction chez de nombreuses Algues vertes comme *Ulothrix,* chez lesquelles il coexiste souvent avec la reproduction par *zoospores,* étudiée ci-dessous.

● *Les zoospores.* Ce sont des spores formées à l'intérieur de cellules qui, extérieurement, ressemblent à toutes les autres cellules du thalle. Il peut y avoir formation d'une ou de plusieurs zoospores dans une seule cellule, qu'on appelle pour cette raison un *zoosporocyste.* Chaque *zoospore* a une structure qui ressemble à celle de *Chlamydomonas,* que nous avons décrite plus haut (voir p. 9) : elle possède un noyau, bien entendu, mais aussi, chez les Algues, un ou plusieurs chloroplastes, avec un ou plusieurs pyrénoïdes, un *stigma* et des flagelles (en général deux ou quatre) qui leur permettent de se mouvoir rapidement dans l'eau comme de petits animaux (*zôon*= « animal », d'où « zoospore »).



Formation de zoospores chez **Ulothrix zonata.**
Ulothrix zonata *est une Algue verte qui donne, dans certaines conditions, des hypnospores, mais qui peut aussi produire des zoospores ; elle possède même un mode de reproduction sexuée. Le schéma ci-dessus concerne la formation des zoospores.*
I. Thalle (filament végétatif), dont les cellules contiennent un chloroplaste en anneau, avec plusieurs pyrénoïdes. II. Formation de zoospores dans certaines cellules végétatives devenues donc des zoosporocystes. III. Une zoospore avec ses quatre flagelles (zoospore quadriflagellée). Chl : chloroplaste ; p : pyrénoïde ; **st** *: stigma.*

La zoospore, se servant de ses flagelles et s'orientant dans la direction des rayons lumineux par son stigma, s'éloigne du zoosporocyste qui l'a produite, se fixe sur un substrat favorable, perd ses flagelles et se développe, formant ainsi un nouveau thalle : il y a eu multiplication asexuée par formation de spores.

Remarques.

● Les modes de reproduction décrits peuvent coexister avec des modes de reproduction sexuée chez certains Végétaux (c'est le cas particulier d'*Ulothrix*).

● Dans tous les cas, le nouveau thalle se forme par multiplication de la cellule (zoospore, hypnospore) ou du groupe de cellules (hormogonie, propagule) qui se sont détachées du thalle primitif ; cette multiplication se fait par *mitoses équationnelles,* c'est-à-dire conservant l'équipement chromosomique des cellules du thalle.

● Chez les Végétaux supérieurs, la pratique du *marcottage* (enterrement d'une tige flexible qui devient *racine* d'une nouvelle plante) et du *bouturage* (le fait de couper un rameau et de le « planter » dans la terre, où il donne une nouvelle plante, avec formation de nouvelles racines), pratique qui n'est pas naturelle et exige l'intervention humaine, permet de créer de nouveaux individus sans fécondation : il y a donc reproduction purement végétative, reproduction asexuée. Le *greffage* (mise en contact sur une large surface d'organes appartenant à deux plantes différentes, réalisant un *être double*) repose aussi sur la multiplication végétative, asexuée des cellules. Mais ce sont là des moyens artificiels de reproduction, qui relèvent de la botanique appliquée et non de la botanique pure.

Les divers degrés de reproduction sexuée.

Il y a reproduction sexuée toutes les fois que le nouvel individu, thalle ou organe végétatif d'un Végétal supérieur, se développe à partir d'une cellule initiale elle-même formée par l'union de deux cellules, semblables ou différentes, provenant d'une même plante, ou de plantes distinctes. Ces deux cellules sont appelées, nous l'avons déjà dit, des *gamètes.* Nous allons passer en revue ici les principaux aspects de la reproduction sexuée, en montant progressivement dans la hiérarchie du monde végétal.

L'isogamie absolue.

Une plante *isogame* est une plante qui produit des gamètes rigoureusement semblables, par la forme, la taille, le comportement. Pour observer le phénomène, nous allons examiner à nouveau une Algue verte des eaux douces ou marines, dont le thalle est constitué de longs filaments fins, non ramifiés, et chez laquelle nous avons déjà reconnu deux modes de reproduction asexuée par hypnospores et par zoospores : une Algue du genre *Ulothrix.* Nous allons voir qu'elle présente un mode de reproduction sexuée, comme l'a découvert le botaniste Cramer en 1871.

● *Formation des gamètes.* Si on examine un filament d'*Ulothrix* au microscope, on constate — comme nous l'avons vu plus haut — l'existence de zoosporocystes et la formation de zoospores ; mais on aperçoit aussi des cellules dans lesquelles s'entassent 2, puis 4, puis 8, puis 16, puis 32 éléments de très petite taille, qui se distinguent des zoospores par les caractères suivants :
— ils sont beaucoup plus petits qu'elles ;
— ils ne possèdent que deux flagelles au lieu de quatre, disposés d'ailleurs de la même façon, c'est-à-dire insérés à l'extrémité antérieure de la cellule, plus effilée, disposition qu'on appelle *acrocontée* (*acros* = « extrémité »).

Ces éléments, qui vont s'accoupler pour donner un nouvel individu, sont donc des *gamètes ;* la cellule qui les a produites est un *gamétocyste.* Fait remarquable, les gamètes ainsi produits possèdent le même nombre de chromosomes que les autres cellules du thalle (et que les zoospores) : leur formation s'est faite sans *réduction chromosomique.*

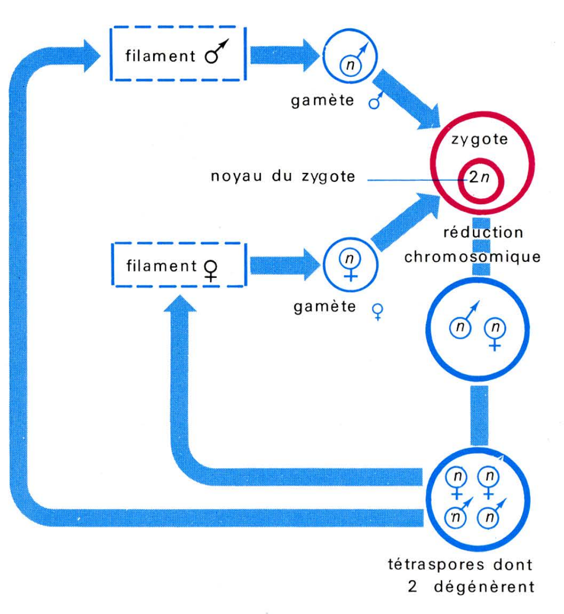
● *Fécondation.* Les gamètes d'un même thalle ne s'accouplent pas ; par contre, si l'on recueille les gamètes d'un autre thalle (un autre filament) et qu'on les mélange aux gamètes du filament observé, on constate qu'un certain nombre d'entre eux s'apparient. Ils constituent alors un *zygote* possédant en double tous les éléments d'un gamète, c'est-à-dire :
— $2n$ chromosomes (deux fois n) ;
— 4 flagelles (deux fois 2 flagelles) ;
— 2 stigmas ;
— 2 chloroplastes.

Le zygote va ensuite perdre ses flagelles et se transformer en un élément globuleux ou ovoïde, entouré d'une enveloppe épaisse et résistante qu'il sécrète : il vit ainsi à l'état ralenti, jusqu'à ce que des conditions favorables lui permettent de se développer.

● *Ce développement est intéressant à suivre.* Le zygote ($2n$ chromosomes) subit *d'abord* une réduction chromosomique, ce qui fournit deux cellules à n chromosomes, qui elles-mêmes, en se divisant par mitose, donnent quatre cellules à n chromosomes. Ces quatre cellules sont appelées des *tétraspores* (ou, simplement, des *spores ;* mais il ne faut pas confondre avec les zoospores). Théoriquement, de chacune d'elles peut naître, par multiplication végétative, un nouveau thalle ; en fait, certaines dégénèrent (le nombre des tétraspores qui dégénèrent varie selon les espèces et les conditions). De celles qui subsistent naissent de nouveaux filaments.

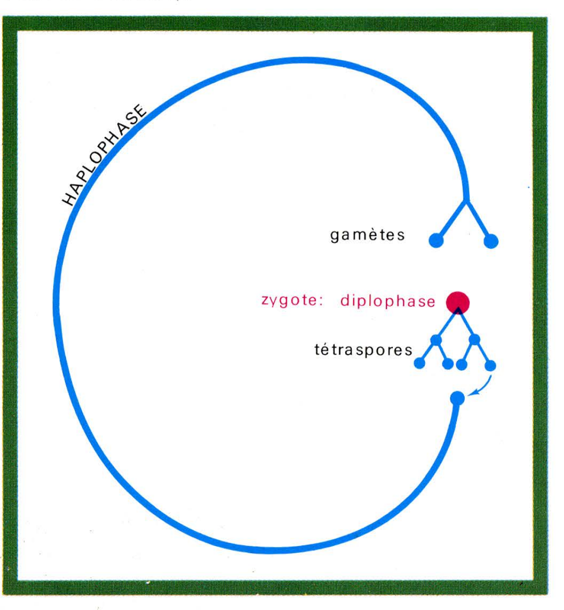
Encore un fait remarquable : les tétraspores se forment à l'intérieur même du zygote.

Pour *Ulothrix,* comme les gamètes qui s'unissent proviennent de deux filaments différents, on peut appeler l'un d'eux le filament mâle (♂) et l'autre le filament femelle (♀), sans rien préjuger d'autre quant à leur aspect, rigoureusement semblable. Laissons de côté, pour simplifier, la reproduction asexuée annexe, par zoospores, d'*Ulothrix.* On peut alors tracer le schéma suivant, indiquant les phases de la reproduction d'*Ulothrix,* en figurant en *rouge* la phase où cette Algue possède $2n$ chromosomes (c'est ce qu'on appelle la *diplophase*), réduite dans l'exemple pris au seul stade du zygote, et en *bleu* la phase où *Ulothrix* possède n chromosomes *(haplophase).*



Phases de la reproduction sexuée chez* Ulothrix *: individu mâle et individu femelle.

Ce schéma peut se simplifier, et se réduire, lorsqu'il s'agit d'un seul individu (mâle ou femelle), au schéma indiqué sur la figure suivante (avec les mêmes conventions de couleurs).



*Cycle évolutif d'***Ulothrix.**

La vie d'une Algue comme *Ulothrix* comprend donc deux temps :

— Une première phase *(haplophase)* où l'organisme est formé de cellules à n chromosomes ; durant cette phase, *Ulothrix* est un filament producteur de zoospores et de gamètes. Ce thalle filamenteux s'appelle le *gamétophyte,* ce qui veut dire « plante ou partie de la plante portant les gamètes » ; *Ulothrix* reste ainsi un *gamétophyte* jusqu'à la fécondation.

LA REPRODUCTION SEXUÉE CHEZ LES ALGUES

— Une deuxième phase *(diplophase)* où l'organisme est formé de cellules à 2*n* chromosomes ; dans le cas d'*Ulothrix,* ce stade est très court puisqu'il se réduit à la période pendant laquelle cette Algue est un zygote. Comme ce zygote est porteur de tétraspores (ne pas confondre avec les zoospores), on l'appelle aussi la *cellule mère des tétraspores.* Chez d'autres Végétaux, il n'y a pas que le zygote qui possède 2*n* chromosomes, et cette phase est plus longue. Quoi qu'il en soit, que la phase soit brève ou longue, l'organisme ou la partie de l'organisme porteur de tétraspores s'appelle le *sporophyte.*

Ces deux phases correspondent à deux générations d'*Ulothrix :*

— génération I : le gamétophyte, dans le cas particulier présent : le filament avec des cellules à *n* chromosomes ;

— génération II : le sporophyte, dans le cas particulier présent réduit au zygote, à 2*n* chromosomes.

Et l'on peut continuer ainsi :

— génération III : un gamétophyte (*n* chromosomes) ;

— génération IV : un sporophyte (2*n* chromosomes) ;

— génération V : un gamétophyte (*n* chromosomes) ; etc.

Les générations *impaires* sont celles où *Ulothrix* est un thalle filamenteux à *n* chromosomes ; les générations *paires* sont celles où *Ulothrix* est un zygote à 2*n* chromosomes.

Dernière remarque : l'appareil végétatif, c'est-à-dire le thalle filamenteux, est haploïde (*n* chromosomes). Ce fait est fréquent chez les Végétaux inférieurs (Algues, Champignons) ; on les appelle pour cette raison des *haplontes* (« êtres haploïdes ») ou encore des organismes *haplobiontiques.* A l'autre bout de l'échelle des êtres vivants, les Animaux ont un organisme (corps) diploïde (dont les cellules possèdent 2*n* chromosomes) : ce sont des êtres *diplobiontiques* (ils ne sont haplobiontiques qu'au stade des gamètes).

L'isogamie relative.

Après ces explications relativement longues, nous allons pouvoir parcourir plus rapidement les modes de reproduction sexuée chez les Végétaux.

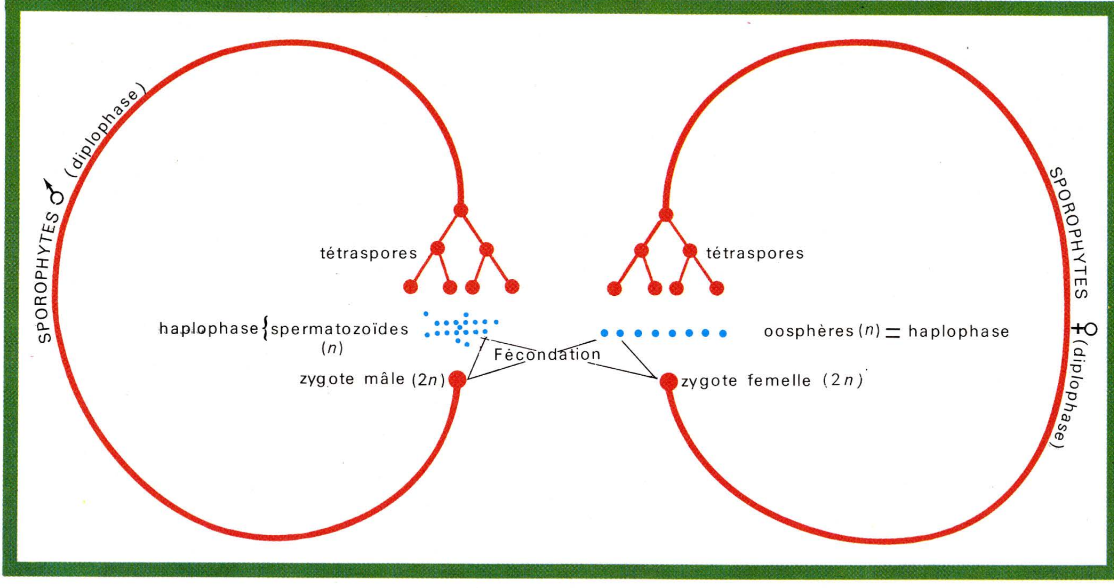
Examinons une Algue brune du groupe des Phéophycées, très fréquente sur nos rochers où elle forme des touffes de petits filaments bruns : *Ectocarpus siliculosus.* Les gamètes se forment non pas dans les cellules indifférenciées des filaments, mais dans des petits sacs allongés comprenant plusieurs loges contenant chacune un gamète flagellé. Tous les gamètes sont identiques (isogamie), cependant leurs comportements sont différents, ce qui permet de parler d'une *isogamie relative :* certains gamètes s'immobilisent, tandis que d'autres, très nombreux, l'entourent en s'agitant jusqu'au moment où l'un d'eux pénètre dans le gamète immobile. On peut donc distinguer des gamètes femelles (immobilisés) et des gamètes mâles (mobiles) : l'isogamie relative est, en fait, une *anisogamie.*

L'anisogamie chez les Algues.

Entre l'isogamie (gamètes identiques) et l'anisogamie (gamètes dissemblables), il y a évidemment tous les degrés possibles. Le gamète immobile (gamète femelle), va devenir en général de plus en plus volumineux, perdre son appareil locomoteur (flagelles), devenu inutile, s'emplir de matières de réserves (gouttelettes d'huile), etc. Au contraire les gamètes mâles, seuls mobiles, sont plus petits, plus nombreux, et conservent leurs flagelles.

Le terme de l'anisogamie est atteint chez des Algues comme le Fucus vésiculeux *(Fucus vesiculosus),* plante marine très commune dont les écailleurs se servent pour garnir les plats d'Huîtres ou de coquillages. Proposons donc à nos lecteurs de déguster une douzaine de ces mollusques savoureux et de profiter de cet entracte gastronomique pour faire une observation botanique. (Signalons que c'est en observant le Fucus vésiculeux au microscope que le botaniste français Thuret découvrit, en 1845-1854, l'existence de la reproduction sexuée chez les Végétaux, et qu'en 1855 l'Allemand N. Pringsheim put observer la pénétration du spermatozoïde dans le gamète femelle d'une Algue verte d'eau douce, la Vauchérie.)

Considérons donc un plant de Fucus vésiculeux et examinons-en les différentes parties. L'ensemble des explications fondamentales a été donné sur les photographies et schémas que nous avons groupés sur la page suivante.



Le cycle évolutif de Fucus.
On a séparé le cycle mâle et le cycle femelle, qui sont d'ailleurs rigoureusement parallèles.

En résumé, nous avons pu voir :

— qu'il existe des organes spécialisés producteurs de gamètes (*gamétocystes :* il s'agit de l'oogone et des anthéridies), groupés dans des conceptacles ;

— qu'un pied de Fucus ne contient qu'une seule catégorie de conceptacles, mâles ou femelles ; chaque pied possède donc un *sexe :* on dit que le Fucus est une plante *dioïque ;*

— que les gamètes femelles sont des sphères globuleuses, chargées de matières de réserves, immobiles, volumineuses (leur diamètre est 20 fois plus grand environ que la plus grande dimension des spermatozoïdes) : ce sont des *oosphères* (*ôos* = « œuf »), contenues dans des *oogones* (dans le cas de la Vauchérie, il n'y a qu'une grosse oosphère par oogone ; dans le cas de Fucus il y en a 8) ;

— que la fécondation est monospermique ; le zygote constitué, d'où naîtra par développement un nouveau Fucus, possède 2*n* chromosomes (*n* chromosomes « paternels », provenant du spermatozoïde, et *n* chromosomes « maternels », provenant de l'oosphère) ;

— que le schéma du cycle évolutif impose d'étudier un thalle mâle et un thalle femelle. La *diplophase* (phase à 2*n* chromosomes) est la plus importante : la plante est alors un *sporophyte* (porteuse de tétraspores qui donneront des gamètes). La phase à *n* chromosomes *(haplophase)* est réduite ; elle est limitée à la vie des 8 oosphères et des 64 spermatozoïdes. Le gamétophyte, c'est-à-dire la partie de la plante portant les gamètes, très réduit, se développe donc sur le sporophyte lui-même.

L'anisogamie chez les Archégoniates.

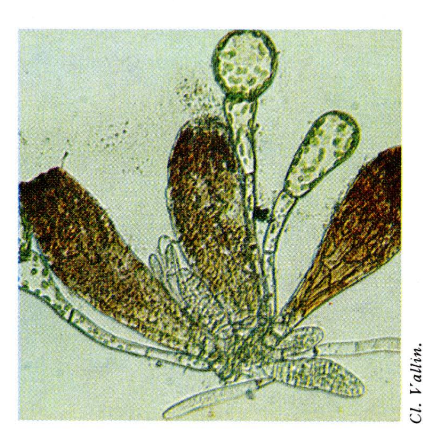
On appelle *Archégoniates* les Végétaux possédant un appareil femelle spécial nommé *archégone ;* ce sont les Végétaux des groupes supérieurs aux Algues, à savoir : les Bryophytes, les Ptéridophytes, les Phanérogames. Toutes ces plantes sont *anisogames,* c'est-à-dire que gamètes mâles et gamètes femelles sont différents. Ces différences sont de plus en plus importantes au fur et à mesure qu'on s'élève dans l'échelle du monde végétal : parallèlement à cette différenciation, l'archégone se modifie et les modes de fécondation et de développement varient.

● *Chez les Bryophytes.* Nous prendrons comme exemple une Mousse vivant sur les bois brûlés, appelée Funaire hygrométrique *(Funaria hygrometrica).* Son appareil végétatif possède une tige, des feuilles, mais pas de racine (ce qui caractérise les Bryophytes). Les thalles porteurs de petites feuilles sont sexués, fournissant les uns des gamètes mâles, les autres des gamètes femelles.

En examinant au microscope le bouton central des thalles mâles et le sommet des feuilles (très petites) des thalles femelles, on observe les *organes sexuels* de la Funaire, producteurs des gamètes (le thalle végétatif constitue donc le gamétophyte). Les spermatozoïdes sont fabriqués dans des sacs appelés anthéridies ; les oosphères sont volumineuses, incluses dans une sorte de bouteille à long col : l'archégone. Tout ceci est précisé sur les photographies ci-dessous.

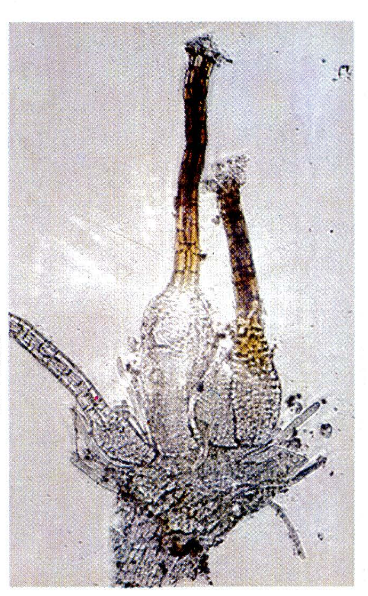


I. Un pied de Funaire : on distingue une tige, des feuilles et une partie poilue à la base de la tige qui n'est pas une racine mais un rhizoïde (il n'y a pas de circulation de sève chez les Bryophytes qui sont des Végétaux non vasculaires).



II. Organes sexuels mâles de la Funaire (anthéridies) : les petits éléments en forme de massue brune sont des anthéridies qui s'ouvrent et libèrent des spermatozoïdes très mobiles, de forme spiralée ; les éléments plus clairs sont des « poils ».

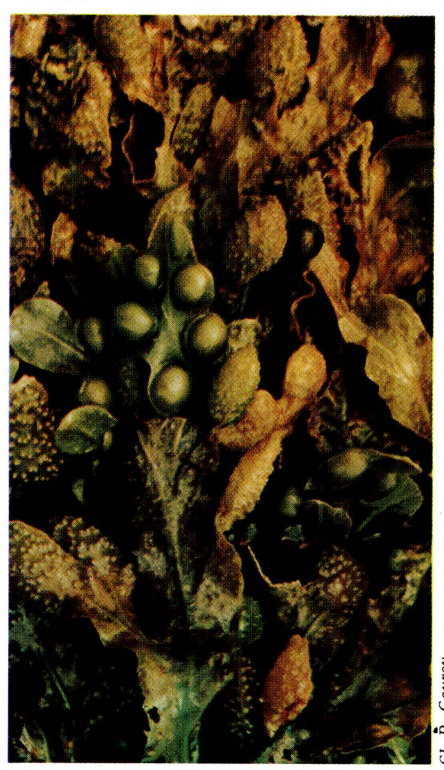
Cl. Vallin.

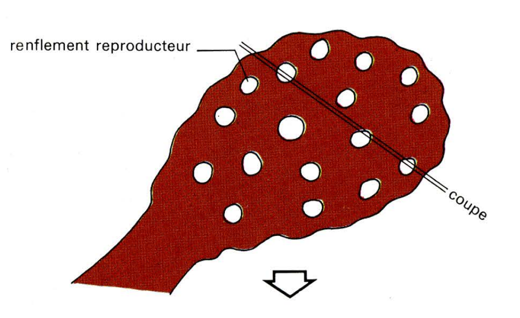


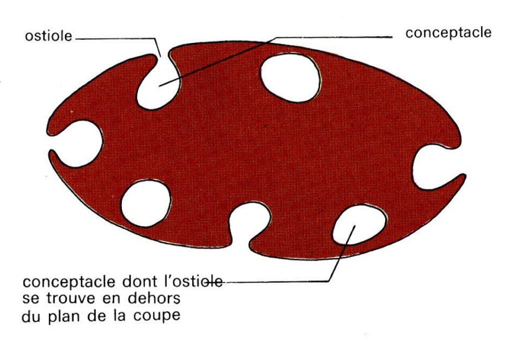
III. Organes sexuels femelles d'une Funaire : on distingue nettement une partie renflée, le ventre, contenant l'oosphère ; une partie allongée : le col, creusé d'un canal dans lequel passeront les spermatozoïdes.



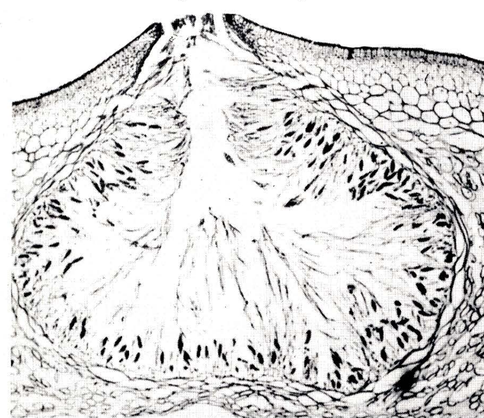
I. Le thalle (appareil végétatif) du Fucus vésiculeux. La plante est fixée aux rochers par des crampons (cr), et présente des lanières ramifiées qui font songer à des « feuilles ». Ces lanières comportent des flotteurs (f), poches remplies d'air.

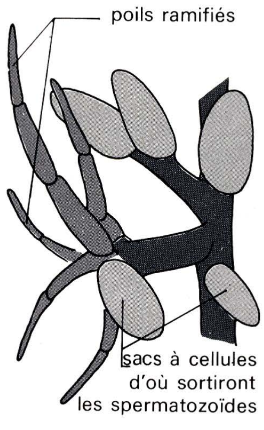




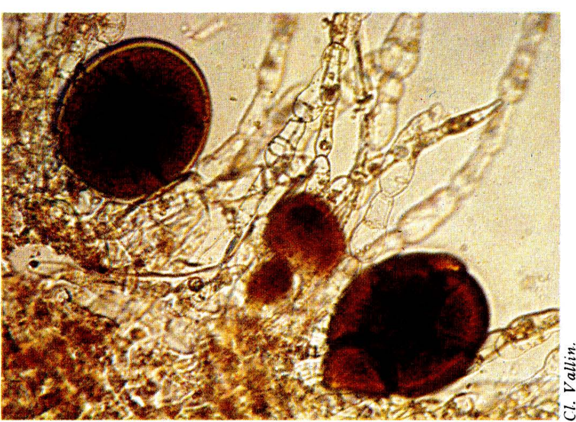


II. Les renflements reproducteurs. A l'extrémité des thalles, on observe des renflements présentant à leur surface une multitude de petits pores saillants : une coupe pratiquée à travers ces réceptacles montre qu'ils comprennent un grand nombre de petites cryptes appelées conceptacles communiquant avec l'extérieur par un petit orifice : l'ostiole. En comprimant les réceptacles, on constate qu'il en sort, sur certains pieds, une gelée verdâtre, et sur d'autres une gelée orangée. A l'observation microscopique, on constatera que la gelée verte contient des gamètes femelles et la gelée orangée des spermatozoïdes.

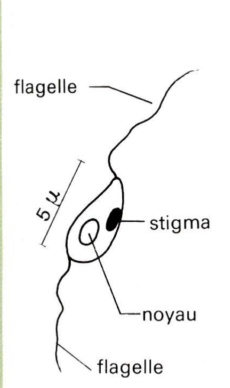


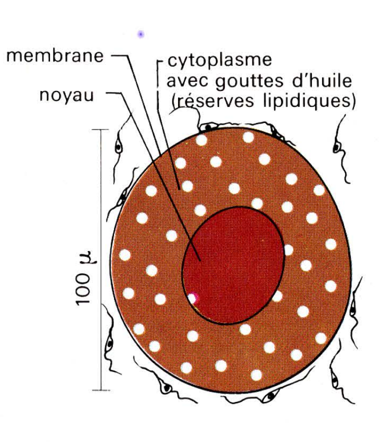


III. Un conceptacle mâle. Sur la photographie, les nombreux petits points noirs que l'on voit sont des anthéridies contenant chacune 64 spermatozoïdes. Les anthéridies se détachent, sortent par l'ostiole et tombent au fond de l'eau, où les spermatozoïdes sont alors libérés. Le schéma de droite montre la disposition des anthéridies au milieu des poils ramifiés du conceptacle.

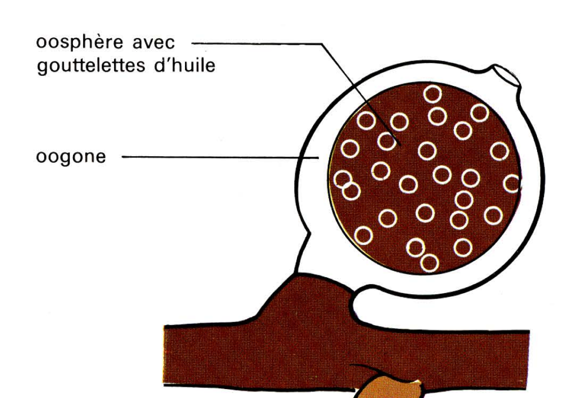


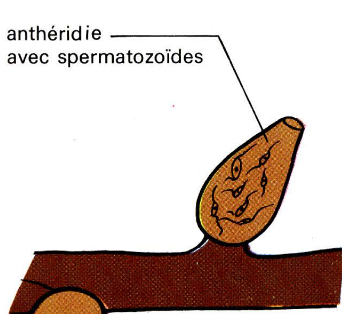
IV. Un conceptacle femelle. Les oogones, contenant chacun 8 oosphères ou gamètes femelles, sont d'abord maintenus entre les poils non ramifiés du conceptacle, mais, libérés, ils sortent par l'ostiole, tombent au fond de l'eau : leurs parois alors se déchirent et les 8 oosphères sont libérées. La photographie représente des oogones ; le schéma de droite précise la structure.





V. Les deux gamètes du Fucus (schématique) : on remarque que le spermatozoïde est beaucoup plus petit que l'oosphère ; celle-ci est immobile, mais les nombreux spermatozoïdes qui l'entourent la font tournoyer sur elle-même ; finalement, un spermatozoïde pénètre dans le gamète femelle : la fécondation est ainsi réalisée. Les autres spermatozoïdes s'éloignent aussitôt.



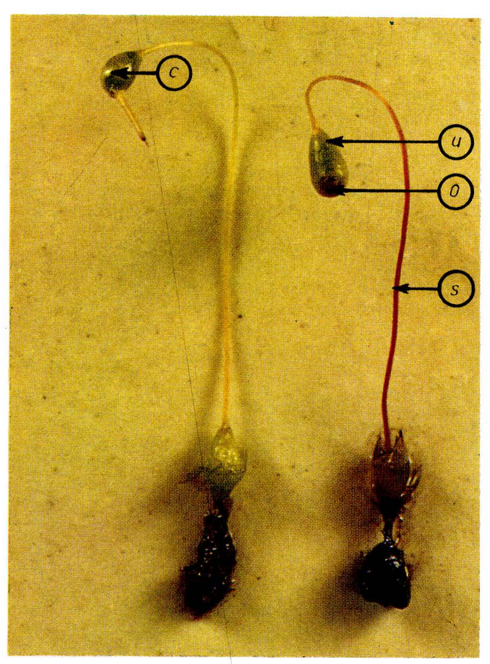


VI. Les gamètes de la Vauchérie (Vaucheria repens). *L'oogone contient une oosphère unique, volumineuse, gonflée de gouttelettes d'huile ; les anthéridies contiennent de nombreux spermatozoïdes dont un seul ira féconder l'oosphère.*

LA REPRODUCTION SEXUÉE CHEZ LES MOUSSES ET LES FOUGÈRES

L'ensemble en forme de bouteille que nous avons aperçu à l'observation microscopique est un *archégone*.

Les spermatozoïdes issus des anthéridies se dirigent, en nageant dans les gouttes de pluie ou de rosée qui mouillent les extrémités supérieures des feuilles, vers l'archégone, pénètrent dans le col et fécondent l'oosphère; ainsi se forme le zygote (2*n* chromosomes) qui se développe sur le thalle femelle où il s'est formé et dont il tire sa nourriture. Il se multiplie, après avoir déchiré l'enveloppe constituée par l'archégone, jusqu'à devenir une petite *urne* portée par un long filament (la *soie*), recouverte d'une sorte de chapeau (la *coiffe*) et fermée par un petit couvercle, l'*opercule* (voir photographie). Cet ensemble est un organisme à 2*n* chromosomes, comme le zygote dont il est issu. Lorsque la croissance de cet embryon est terminée, la coiffe et l'opercule tombent et il s'échappe de l'urne une multitude de petites cellules sphériques, d'un centième de millimètre de diamètre environ, les *spores ;* les spores sont obtenues par division réductrice de la cellule mère à 2*n* chromosomes : elles ont donc *n* chromosomes. Elles germent sur un sol humide, donnant naissance à de nouveaux pieds de Funaire.



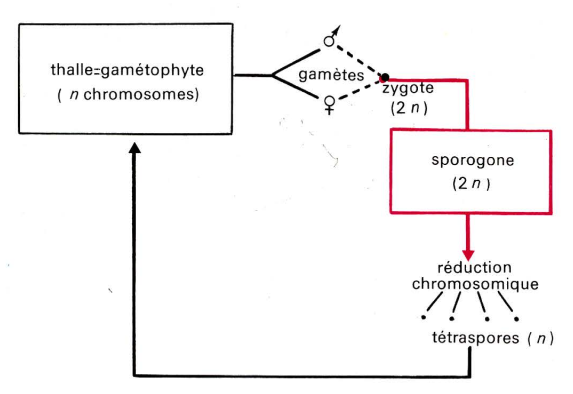
La Funaire à la fin de sa croissance (à droite : la coiffe a été enlevée pour laisser voir l'urne et l'opercule). c : coiffe; s : soie; u : urne; o : opercule.

Il existe donc une différence importante entre le Fucus et la Funaire, comme le montre le tableau suivant.

Fucus vésiculeux	Funaire hygrométrique
Production de gamètes dans des organes sexuels spécialisés, avec réduction chromatique : le thalle, possédant 2*n* chromosomes, est un gamétophyte.	Production de gamètes par des organes sexuels apparaissant sur le thalle feuillé *sans réduction chromatique :* les cellules du thalle possèdent *n* chromosomes.
Pas d'archégone.	Existence d'un archégone.
La fécondation se produit en dehors du thalle et donne un zygote qui engendre, par germination, un nouveau thalle; le zygote possède 2*n* chromosomes ainsi que le thalle auquel il donne naissance.	Le zygote (2*n* chromosomes) se multiplie sur le thalle feuillé et donne un sporogone d'où s'échappent des spores : le zygote et le sporogone sont donc le sporophyte.
	Les spores subissent la réduction chromatique, deviennent des tétraspores et donnent par germination un nouveau thalle feuillé.

Comparaison entre le Fucus et la Funaire.

Le cycle évolutif de la Funaire hygrométrique est donc le suivant :



Cycle évolutif de la Funaire hygrométrique.

● *Chez les Ptéridophytes,* la reproduction se complique (voir p. 66). L'appareil végétatif (c'est-à-dire les feuilles de Fougères) dont les cellules sont diploïdes (possèdent 2*n* chromosomes) produit des spores qui deviennent, après réduction chromatique, des tétraspores à *n* chromosomes. Ces tétraspores se développent en dehors de l'organisme feuillé et forment un petit organisme indépendant de la plante mère, dont la plus grande dimension ne dépasse pas 1 cm, et qu'on appelle un *prothalle* (en raison de leur petitesse, les prothalles sont difficiles à voir dans la nature, du moins à une inspection un peu superficielle; on s'en procure par contre aisément dans les serres des horticulteurs). Les cellules du prothalle, comme les tétraspores, possèdent *n* chromosomes. Ce prothalle est porteur d'organes mâles (anthéridies) et d'organes femelles (archégones), producteurs de gamètes. Les spermatozoïdes issus des anthéridies se déplacent dans l'eau de pluie ou de rosée, pénètrent dans le col de l'archégone et fécondent l'oosphère; le zygote produit possède donc 2*n* chromosomes, il se développe aussitôt et donne un nouveau pied de Fougère à 2*n* chromosomes. Ici aussi on peut comparer avec la Funaire.

Nombre de chromosomes dans les cellules	Mousses	Fougères
n chromosomes	Mousse feuillée, porteuse d'anthéridies et d'archégones, productrice des gamètes : c'est le thalle feuillé de la plante (celui qu'on aperçoit à l'œil nu quand on regarde la végétation).	Prothalle, produit par la germination des tétraspores à *n* chromosomes; porteur d'anthéridies et d'archégones, producteur de gamètes. En principe, on n'aperçoit pas ce prothalle à une inspection superficielle : il est séparé de l'appareil végétatif de la Fougère.
2*n* chromosomes	Zygote, produit par la conjugaison du spermatozoïde et de l'oosphère, réalisé sur le thalle feuillé.	Zygote qui se constitue sur le prothalle.
2*n* chromosomes	Développement du zygote qui devient le *sporogone,* porteur de spores; ce sporogone se développe sur le thalle feuillé.	Développement du zygote qui devient la Fougère feuillue (appareil végétatif), porteuse de spores.
n chromosomes	Les spores, issues du sporogone, deviennent des tétraspores après avoir subi la réduction chromatique, germent et donnent le thalle feuillé de la Mousse : le cycle recommence.	Les spores subissent la réduction chromatique, deviennent des tétraspores qui germent sur le sol humide, séparées de l'appareil végétatif de la plante, et donnent le prothalle : le cycle recommence.

Comparaison des cycles évolutifs chez les Mousses et les Fougères.

● *Chez les Phanérogames,* l'évolution est plus complexe encore : le col de l'archégone devient de plus en plus petit, jusqu'à n'être plus représenté que par 2 cellules; l'oosphère devient de plus en plus volumineuse et les spermatozoïdes sont mis en contact direct avec les gamètes femelles par le tube issu du grain de pollen (siphonogamie). Nous reprenons la question en détail ci-dessous.

Les fonctions de reproduction chez les Phanérogames.

Alors que chez les plantes inférieures il nous a fallu utiliser un microscope pour apercevoir les *organes sexuels* producteurs de gamètes, et que chez les Ptéridophytes (Fougères, etc.) il nous faut au moins une bonne loupe, chez les Végétaux supérieurs, ces organes sont *manifestes :* ce sont les fleurs. Voilà pourquoi les plantes à fleurs sont appelées des Phanérogames (*phaneros* = « manifeste » ; *gamos* = « union »). Toutes les Phanérogames, sans exception, possèdent des *ovules,* destinés à devenir, après la fécondation, des graines; on les appelle aussi, par conséquent, des *plantes à graines* ou *Spermaphytes.*

Les Phanérogames sont elles-mêmes divisées en deux catégories : les plantes à ovules nus ou *Gymnospermes* (*gumnos* = « nu ») et les plantes à ovules cachés dans une cavité appelée l'ovaire, ou *Angiospermes* (*aggeion* = « cavité close »). Aux Gymnospermes appartiennent notamment les Conifères (Pin, Sapin, etc.), aux Angiospermes toutes les plantes aux fleurs multicolores et aux fruits variés qui font souvent la joie de nos sens.

La reproduction des Phanérogames Gymnospermes.

Voir la description des organes à la p. 74.

Ces Végétaux peuvent être soit *dioïques* (pieds mâles et pieds femelles), comme les *Cycas,* ou *monoïques* (pieds bisexués, produisant à la fois des gamètes mâles et des gamètes femelles), comme le Pin (genre *Pinus*). Nous prendrons comme exemple le cas du Pin.

● *La plante feuillée* n'est autre que l'arbre bien connu, dont il existe 150 espèces et de très nombreuses variétés. Les racines en sont puissantes, étendues dans le sol; la tige est constituée par un tronc plus ou moins haut selon l'âge de l'arbre, portant des rameaux garnis de feuilles. Ces feuilles sont des *aiguilles* décrites p. 74. Les cellules de ce Végétal sont toutes à 2*n* chromosomes.

Le Pin porte des fleurs mâles et des fleurs femelles (ce sont les cônes, voir p. 74), produisant, après réduction chromatique, des *tétraspores.*

— Les cônes mâles comportent des petites feuilles spécialisées qu'on appelle des *étamines ;* dans ces étamines — plus exactement dans les petits sacs *polliniques* de leur face ventrale — sont élaborées des cellules qui vont donner chacune, après réduction chromatique, 4 tétraspores; les sacs polliniques sont donc des *tétrasporanges* (on précise : *microsporanges,* pour les distinguer de leurs homologues femelles; pour la différence entre *sporocyste* et *sporange,* voir p. 62). Chaque tétraspore ou *microspore* commence à se développer sur place en un minuscule prothalle; l'ensemble est un grain de pollen, qui sera dispersé par le vent à l'ouverture du sac pollinique.

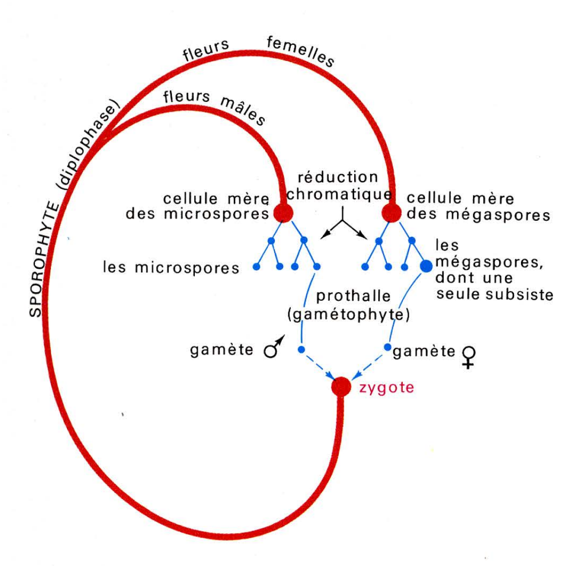
— Les cônes femelles comportent des écailles dont chacune porte *deux ovules,* décrits p. 74, dans lesquels se forment, après réduction chromatique, les tétraspores *(mégaspores),* dont trois dégénèrent; celle qui subsiste va devenir un *prothalle femelle.*

Ainsi, la plante feuillée à 2*n* chromosomes est une porteuse de spores, un *sporophyte.* Comme elle porte deux sortes de spores, on peut dire qu'il s'agit d'un *sporophyte sexué.*

● *Chaque cellule mère* fournit 4 tétraspores; le petit organisme à *n* chromosomes né des microspores et enfermé dans le grain de pollen est un *prothalle mâle,* tandis que la seule mégaspore qui a subsisté dans l'ovule prolifère abondamment et forme le *prothalle femelle.* Les deux prothalles sont donc des agglomérats de cellules; l'un porte les gamètes mâles, l'autre les gamètes femelles (voir fig. p. 75). Cette phase, antérieure à la fécondation, est une *haplophase.* Les deux prothalles sont des gamétophytes. Une fois la fécondation réalisée, le zygote (2*n* chromosomes), formé au sein de l'ovule, inaugure la diplophase. La plante qui en est issue est un sporophyte, puisque c'est sur elle que naîtront les tétraspores.

● *Entre la formation du zygote,* sur la plante mère (c'est-à-dire sur l'arbre) et la naissance d'un autre arbre, il se produit un certain nombre de transformations qui n'affectent cependant pas la nature *diploïdique* (2*n* chromosomes) des cellules. L'ovule devient en effet une *graine* qui mûrit, donnant une petite plantule enveloppée dans une coque résistante (cela toujours sur l'arbre), puis, après dissémination par le vent, et si elle rencontre les conditions favorables, elle donnera naissance à une nouvelle plante, en l'occurrence à un nouveau Pin.

Le cycle évolutif du Pin, Phanérogame monoïque (c'est-à-dire porteur de fleurs mâles et de fleurs femelles), est schématisé ci-dessous.



Le cycle évolutif du Pin.

La reproduction des Phanérogames Angiospermes.

Les principes en sont les mêmes que pour les Phanérogames Gymnospermes; mais ici les gamètes se forment dans des organes sexuels un peu complexes. Nous renvoyons le lecteur à la p. 78.

Hérédité et évolution.

Deux phénomènes importants, l'hérédité et l'évolution, relèvent de la biologie générale; nous ne les traiterons donc pas ici, mais nous les citerons pour mémoire.

● *La génétique* est l'étude de la transmission des caractères d'une génération à une autre. C'est une science née avec les travaux de Mendel, il y a environ un siècle. Ses lois sont les mêmes pour le règne animal et le règne végétal.

● *L'évolution* est la série des transformations biologiques subies par les êtres vivants depuis leur apparition sur la Terre. C'est aussi un phénomène général, intéressant à la fois le règne animal et le règne végétal.

Conclusion.

En résumé.

On peut simplifier l'ensemble des fonctions de reproduction dans le monde végétal, en remarquant que tout Végétal qui possède un mode de reproduction sexué produit des cellules à *n* chromosomes (mâles et femelles) :

— soit directement à partir d'un thalle à *n* chromosomes;

— soit à partir des tétraspores qui ont subi la réduction chromosomique et produisent les gamètes, directement, ou comme élément d'un prothalle (à *n* chromosomes) qu'elles engendrent.

Compléments.

● *La gamétangie.* On appelle ainsi une forme de reproduction sexuée très répandue chez les Champignons, qui existe aussi chez quelques Algues.

● *Un vocabulaire* ne nous semble pas inutile avant d'aborder la description des grands groupes de Végétaux; ce vocabulaire complète celui que nous donnons pp. 191-192; nous y avons introduit en outre quelques termes complémentaires relatifs à la vie sexuelle des Plantes et à leur reproduction.

Anémophilie	Transport par le vent des grains de pollen.
Angiosperme	Plante à ovules cachés dans un ovaire clos.
Anthère	Partie terminale des étamines, produisant les grains de pollen.
Anthéridie	Organe (non visible à l'œil nu) dans lequel se forment les gamètes mâles (appelés pour cela, fréquemment, les *anthérozoïdes*).
Anthérozoïde	Terme utilisé anciennement à la place de spermatozoïde.
Archégone	Organe microscopique, souvent possesseur d'un col allongé, au fond duquel se trouve un gamète femelle ou oosphère.
Calice	Ensemble des pièces externes (vertes en général) d'une fleur (les sépales).
Chromosome	Élément individualisé présent dans les noyaux cellulaires et qui supporte les caractères héréditaires.
Corolle	Pièces internes colorées d'une fleur (les pétales).
Dioïque	Se dit d'une plante dont les individus ne portent qu'un seul sexe (il y a donc des pieds mâles et des pieds femelles).
Entomophilie	Transport du pollen par les Insectes.
Gamète	Cellule reproductrice, mâle ou femelle, comportant *n* chromosomes et qui, par conjugaison avec son homologue, forme un zygote à 2*n* chromosomes.
Gamétophyte	Partie d'une plante portant les gamètes, et dont toutes les cellules sont à *n* chromosomes; le gamétophyte provient d'une spore (tétraspore).
Gymnosperme	Plante à graines nues.
Hermaphrodite	Plante dont chaque fleur porte les deux sexes.
Hétérophytisme	Le fait pour un organisme de produire exclusivement une seule sorte de gamétophyte (mâle ou femelle).
Hétérothallisme	Le fait pour les gamètes des deux sexes d'être produits par des gamétophytes différents.
Homophytisme	Le fait pour un organisme de produire des gamétophytes produisant les deux catégories de gamètes.
Homothallisme	Le fait pour un organisme de produire les gamètes des deux sexes par un seul et même gamétophyte.
Isoprothallée	Se dit d'une espèce dont les spores ne produisent qu'une sorte de prothalle, porteur à la fois d'anthéridies (organes sexuels mâles) et d'archégones (organes sexuels femelles).
Macrosporange (ou Mégasporange)	Organe dans lequel se forment les macrospores.
Macrospore (ou Mégaspore)	Spore qui en germant donnera un prothalle femelle.
Micropyle	Ouverture de l'ovule par où pénètre le pollen.
Microsporange	Organe dans lequel se forment les microspores.
Microspore	Spore qui donnera en germant un prothalle mâle.
Monoïque	Se dit de plantes dont chaque individu est porteur des deux sexes, mais non sur la même fleur (une plante monoïque n'est donc pas hermaphrodite); on distingue des fleurs mâles et des fleurs femelles.
Nucelle	Partie interne de l'ovule correspondant au mégasporange et au sein de laquelle se forment les mégaspores.
Oosphère	Gamète femelle.
Périanthe	Ensemble du calice et de la corolle.
Placentation	Disposition des zones portant les ovules dans l'ovaire.
Pollen	Grains microscopiques contenant des cellules d'où naîtront les spermatozoïdes; chez les Angiospermes, le grain de pollen comprend deux cellules dont l'une produira deux gamètes mâles.
Prothalle	Petit organisme tissulaire à *n* chromosomes résultant de la germination d'une spore.
Réduction chromatique	Processus biologique par lequel des cellules à 2*n* chromosomes se divisent en cellules filles à *n* chromosomes chacune (les tétraspores).
Sore	Groupement de sporanges.
Sporange	Organe producteur de spores.
Spore	Cellule à *n* chromosomes, provenant d'une cellule mère à 2*n* chromosomes qui a subi la réduction chromatique.
Sporocyste	Cellule productrice de spores.
Sporophyte	Partie d'une plante destinée à porter les sporanges et à produire les spores; toutes les cellules d'un sporophyte sont à 2*n* chromosomes.
Thalle	Appareil végétatif ne comportant ni racine, ni tige, ni feuille (chez les Algues, les Champignons, les Bryophytes).
Zygote (ou œuf)	Cellule à 2*n* chromosomes provenant de la fusion de 2 gamètes.

TAXONOMIE.

La taxonomie (ou *taxinomie*) est l'étude des lois de la classification systématique des êtres vivants.

Méthodes.

Le monde végétal est extraordinairement riche; on connaît à ce jour quelque 300 000 espèces de plantes à fleurs et de Fougères, d'innombrables espèces de Champignons, plus de 50 000 espèces d'Algues, de Lichens et de Mousses; et nous n'incluons pas là-dedans les Bactéries. Il est donc indispensable de classer tous les Végétaux connus afin de comprendre leur parenté et leurs caractères communs. Toutes les classifications modernes reposent, en dernière analyse, sur deux principes :

— la subordination des caractères;

— la phylogenèse, c'est-à-dire la « généalogie » des espèces.

Pour établir une classification végétale qui tienne compte de l'ensemble de nos connaissances sur le monde des plantes, on doit utiliser des informations d'origines diverses.

● *Des informations de type morphologique* données par :

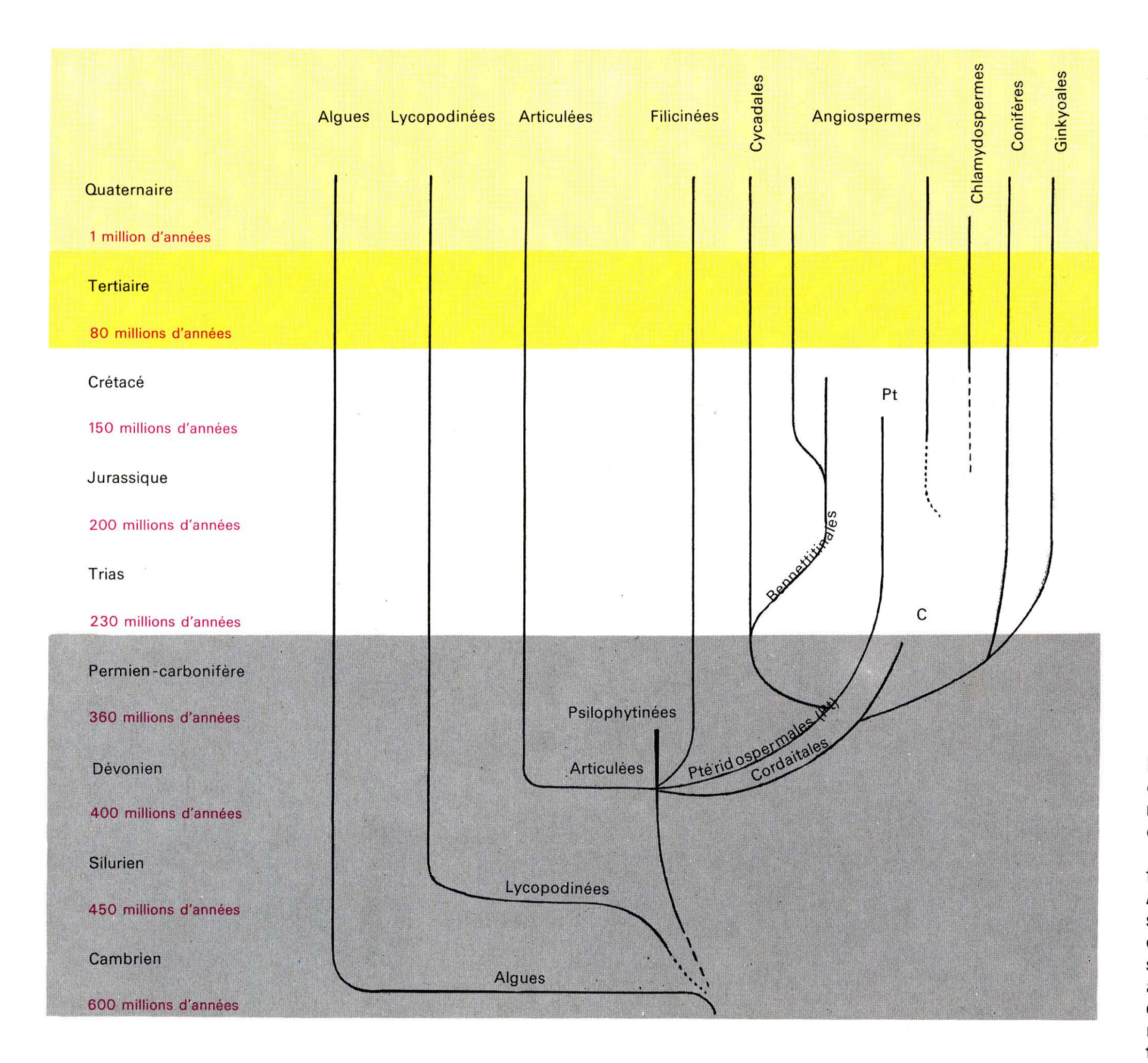
— la paléontologie (étude des espèces disparues, connues par leurs fossiles);
— l'anatomie;
— l'anatomie comparée;
— l'embryogenèse.

● *Des informations biologiques* données essentiellement par l'étude comparée de l'alternance des générations (les schémas que nous avons indiqués pp. 23 à 29 s'appliquant à certains grands groupes de plantes par exemple).

● *Des informations biochimiques :* c'est ainsi qu'on distingue les grands groupes d'Algues par leurs pigments; que chaque espèce de Pin est caractérisée par ses essences; etc.

● *Des informations biogéographiques.*

● *Des informations liées aux théories de l'évolution :* on reconnaît, dans l'histoire géologique du monde végétal, quatre grandes périodes, correspondant à l'apparition successive des Thallophytes, des Cryptogames et des Préphanérogames, des Gymnospermes et enfin des Angiospermes. La succession chronologique des types d'organisation et la filiation schématique des principales lignées végétales est indiquée sur le schéma suivant.



L'arbre généalogique du monde végétal (d'après L. Emberger).

Les grandes unités systématiques.

On divise le règne végétal en un certain nombre de grands embranchements : les Thallophytes (pas de racine, pas de tige, pas de feuilles, pas de fleurs ; plusieurs embranchements), les Bryophytes (une tige et des feuilles, pas de racine ni de fleurs), les Ptéridophytes (racine, tige, feuilles mais pas de fleurs) et les Spermatophytes ou Phanérogames avec racine, tige, feuilles et fleurs. Les Phanérogames comprennent eux-mêmes les plantes à ovules nus (Gymnospermes) et les plantes à ovules cachés (Angiospermes), divisées en Monocotylédones et Dicotylédones. C'est là une division classique, sur laquelle nous aurons l'occasion de revenir.

A l'intérieur de ces grands embranchements on distingue une série de groupes qui sont, par ordre décroissant : la division, la sous-division, la classe, la sous-classe, l'ordre, le sous-ordre, la famille, la sous-famille, la tribu, la sous-tribu, le genre, le sous-genre, la section, la sous-section, l'espèce, la sous-espèce ou race, la variété, la sous-variété, la forme, le mutant.

Dans la pratique courante, on retient surtout l'ordre, la famille, la sous-famille, la tribu, le genre, l'espèce, la sous-espèce et la variété.

La nomenclature a été codifiée par des règles internationales ; en voici les aspects principaux :

— Une espèce est désignée par deux noms latins, le premier désignant le genre (terme générique) auquel elle appartient, le second l'espèce (terme spécifique) à l'intérieur de ce genre. Par exemple le Mélèze, cet arbre bien connu, qui donne la térébenthine de Venise et la manne de Briançon, se nomme *Larix decidua : Larix* est le nom générique et *decidua* le nom spécifique. On écrit le terme générique avec une majuscule et le nom spécifique avec une minuscule même si le nom spécifique a pour origine un nom propre : par exemple *Festuca yvesii,* plante qui avait été « dédiée » au botaniste Saint-Yves. Cette nomenclature est dite *binominale ;* elle a été établie par Linné. On a coutume aussi de faire suivre la dénomination de l'espèce du nom du savant qui, le premier, l'a reconnue et décrite ; par exemple *Euphorbia exigua* Linné. Dans ce livre, qui est un ouvrage d'initiation, nous ne compliquerons pas la nomenclature et nous nous contenterons du nom générique et du nom spécifique.

— La famille à laquelle appartient l'espèce est désignée par un nom terminé par le radical *-acées ;* exemple : *Renonculacées, Rosacées,* etc.

— La sous-famille a une terminaison en *-oïdées.*

— L'ordre est désigné par un nom terminé par *-ales.*

— La classe est souvent terminée par le suffixe *-inées.*

Enfin, la coutume veut qu'on écrive — du moins dans les titres — les noms de familles, ordres, etc., *sans accents ;* par exemple : les Geraniales (et non les Géraniales). De même, on omet souvent le tréma sur la terminaison caractéristique des sous-familles, qu'on écrit alors *oidées.* Ces habitudes ne sont pas toujours observées dans un texte courant.

Il peut exister quelques exceptions à ces règles de dénomination.

L'ÉCOLOGIE VÉGÉTALE.

L'écologie végétale est la science *(logos)* des relations qui existent entre les Végétaux et le « milieu » dans lequel ils vivent (*oikos* = « demeure »). C'est un chapitre particulier de la physiologie des êtres vivants, inauguré par l'Allemand Haeckel (1834-1919), et qui s'est développé au début du XX[e] siècle avec, notamment, les travaux de Schröter, Flahault, Braun-Blanquet, jusqu'à devenir, de nos jours, une branche indépendante à l'intérieur de la botanique, fort complexe en raison de la multitude d'interactions dont il faut tenir compte. L'écologie végétale ajoute à son intérêt théorique indiscutable, un intérêt pratique considérable, dans la mesure où la lutte contre la faim dans le monde repose en partie sur elle ; comme le remarque le botaniste britannique C.W. Wardlaw :

> *« En dépit de toutes les merveilleuses explorations cosmiques qui sont maintenant sur pied, les extraordinaires perfectionnements des télécommunications, les miracles de la synthèse chimique, les ressources presque inconcevables d'énergie nucléaire qui, pour le bien ou le mal, sont quotidiennement libérées,* toute viande est, en fin de compte, de l'herbe, *et... il semble probable qu'*Homo sapiens *devra occuper, vivre sur et dans, et essayer de comprendre son propre monde vert pendant un temps encore considérable »* (Organization and Evolution in Plants, *Longmans, 1965, cité par M. Guinochet,* L'Écologie végétale : quelques remarques sur ses fondements et ses objectifs, *Paris, Gauthier-Villars, mises à jour, I, 387-402*).

Objet et méthodes de l'écologie végétale.

La notion d'individu d'association.

● *Il n'est pas nécessaire* d'être grand clerc en botanique pour constater qu'il existe une différence de couverture végétale entre le paysage mauritanien représenté sur la photographie ci-dessus et la mangrove de la photographie voisine.

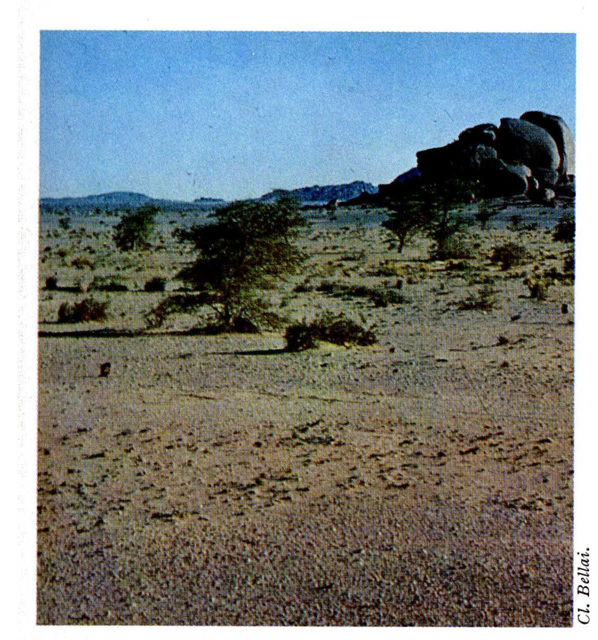
A première vue, on peut supposer que ces deux formes de végétation — ou, comme on dit, ces deux *formations végétales* —, à savoir la végétation désertique ou semi-désertique et la mangrove, sont différentes parce que les facteurs externes (essentiellement climatiques) sont différents. Et l'on aura, certes, raison de penser ainsi. Mais l'ensemble des facteurs physiques externes qui constituent un climat (température, humidité, etc.) n'est pas suffisant pour expliquer que les espèces végétales qu'on rencontre dans une mangrove ne sont pas les mêmes que celles qui poussent dans une région semi-désertique. Cette observation nous conduit donc à une première remarque fondamentale : il ne faut pas confondre *flore* et *végétation.*

— La *flore* (d'un continent, d'une région, d'une petite surface découpée dans cette région, etc., nous dirons, plus généralement, d'un territoire, quelle que soit sa superficie), c'est la liste des espèces qui s'y trouvent ;

— La *végétation,* c'est la manière dont ces espèces sont distribuées (forêts, bois, taillis, haies, landes, broussailles, etc.).

● *Une autre notion fondamentale* est celle *d'individus d'association.* Elle correspond à une intuition commune. Les poètes et les chansonniers évoquent banalement « les Bleuets et les Marguerites », mais ils n'associent jamais dans leurs couplets « les Cactus et les Marguerites » par exemple. Tous ceux de nos lecteurs qui ont eu l'occasion d'herboriser — ne serait-ce qu'en amateurs — savent parfaitement que certaines espèces végétales poussent dans les mêmes endroits, en compagnie d'espèces toujours les mêmes, tout comme le pêcheur connaît les lieux poissonneux d'une rivière. Cette intuition correspond à l'idée scientifique *d'individu d'association,* c'est-à-dire d'une surface végétale dont la *composition floristique est homogène* (il faudrait, pour être précis, définir ce qu'on entend par « homogénéité floristique », indiquer de quelle surface il s'agit, etc. ; nous éviterons, en une première approche, ces difficultés).

● *La description des individus d'association,* la détermination des espèces végétales qui les caractérisent, la découverte d'espèces qui apparaissent toujours — ou presque toujours — liées les unes aux autres, la classification de ces individus d'association, etc., tout cela fait partie d'une très importante branche de l'écologie qu'on appelle la *phytosociologie* (sociolo-



Qui dit « désert » ou « semi-désert » ne dit pas nécessairement « absence de végétation ». Dans ce site semi-désertique de Mauritanie, on rencontre des végétaux visibles à l'œil nu (arbustes), mais aussi une infinité de Végétaux indiscernables (graines, etc.).



La mangrove : c'est une forêt poussant sur les côtes vaseuses des pays chauds, baignées par la mer à marée haute.

gie des plantes) : de même que les hommes se groupent en clans, tribus, villages, cités, nations, etc., de même les plantes connaissent différents niveaux d'organisation sociale qui seront étudiés plus loin.

Les deux questions fondamentales de l'écologie.

● *Chaque plante* — qu'il s'agisse d'une Bactérie, d'une Rose ou d'un Baobab — a ses besoins propres, qu'elle satisfait grâce aux ressources du milieu dans lequel elle se trouve. Il est donc naturel de se poser une première question : *Quelles sont les conditions favorables à la vie d'une plante ?* Mais il ne faut pas oublier que les relations entre la plante et son milieu ne sont pas à sens unique ; les Végétaux — par leur vie même — influent sur la nature des sols, modifient les microclimats réalisés au sein d'un individu d'association, etc., bref, agissent sur le milieu qui les supporte.

● *La deuxième question* concerne la répartition géographique des plantes (phytogéographie). De même que les sciences humaines étudient les aires de groupements humains et leurs modalités (démographie, ethnographie, etc.), de même la phytogéographie se donne pour objet la description du monde végétal. C'est une branche importante de l'écologie, si l'on prend ce terme en son sens le plus large (certains auteurs restreignent cependant le mot « écologie » à l'étude des relations mutuelles entre les plantes et leur milieu).

Les méthodes.

Il n'est pas possible, ici, de décrire les nombreuses méthodes, très complexes, de l'écologie végétale. Disons simplement qu'elles sont reliées à toutes les sciences de la nature et aux sciences annexes : géologie, climatologie, pédologie (étude des sols, de *pedon* = « sol » ; on dit aussi : *édaphologie*, de *edaphos* = « sol »), hydrologie (étude des eaux stagnantes ou courantes, douces, saumâtres ou salées), océanographie, zoologie, mais aussi physico-chimie, mathématiques (statistiques, calculs combinatoires, etc.), histoire, économie politique, etc.

Quelle que soit la nature de la recherche poursuivie, l'une des toutes premières tâches, sur le terrain, est d'établir un *relevé floristique* du territoire étudié, dont nous allons donner les principes généraux.

● *On détermine d'abord la surface* sur laquelle le relevé sera fait. On peut évidemment procéder « au hasard », mais il est plus rationnel de faire un examen général préalable du site en étudiant des cartes géographiques (de végétation ou géologiques) et des photographies aériennes. Une fois l'aire choisie, on délimitera, à l'aide de quatre piquets, un certain nombre de petites surfaces de quelques dizaines de mètres carrés (5 × 10 m ou 10 × 10 m) qui constitueront autant d'échantillons à l'intérieur du territoire prospecté.

● *On fait ensuite* la liste de toutes les espèces qui se trouvent sur chacun de ces échantillons (on les reconnaît en se servant d'une *Flore*... et par expérience). Pour chaque espèce on note un certain nombre de renseignements :

— Son *abondance*, c'est-à-dire la proportion relative des individus d'une espèce donnée.

— Sa *dominance*, c'est-à-dire la surface du sol recouverte par cette espèce ; la *dominance* est plus importante du point de vue écologique que l'*abondance :* un seul pied d'un arbuste qui s'étale sur le milieu qu'il recouvre influe bien plus sur ce milieu (ombre, protection contre la pluie, le vent, isolement thermique, etc.) que plusieurs brins d'herbe dressés côte à côte. On utilise, pour caractériser la dominance d'une espèce, des coefficients établis par Braun-Blanquet, donnés par le tableau suivant :

Portion de la superficie totale de l'échantillon recouverte par l'espèce	Coefficient
Plus de 75 %	5
Entre 0,50 et 0,75 %	4
Entre 0,25 et 0,50 %	3
Entre 0,05 et 0,25 %	2
Moins de 0,05 %	1
Espèces rares (signe complémentaire)	+

Coefficients de Braun-Blanquet (abondance - dominance).

— *Sa sociabilité :* c'est le fait pour les individus d'une même espèce de pousser isolément ou en groupes ; pour mesurer la sociabilité on utilise plusieurs types de cotation, dont la suivante est un exemple (remarquez l'*imprécision* des expressions employées) :

Mode d'existence de l'espèce considérée	Coefficient de sociabilité
En groupements compacts	5
En colonies	4
En groupes assez denses	3
En groupes de quelques individus seulement	2
Isolément	1

Coefficient de sociabilité.

La notion de sociabilité est difficile à préciser ; les observations faites sur une seule aire de peuplement végétal sont insuffisantes, en général, pour qu'on puisse en tirer des conclusions valables. Il se peut en effet que des causes mécaniques aléatoires (vent, pesanteur, etc.) aient rassemblé sur une petite surface les semences d'une plante qui, ailleurs, pousserait isolément. Ici, plus que pour tout autre caractère, l'analyse statistique et la comparaison de plusieurs échantillons s'imposent.

— Sa *fréquence :* c'est le rapport entre le nombre de relevés où l'espèce figure et le nombre de relevés total.

Par exemple, si l'on a fait dans une région donnée 100 relevés différents et que l'espèce considérée figure dans 20 relevés, on dira que sa fréquence, pour la région considérée, est de 20/100 ou 0,2.

Une espèce absolument constante, c'est-à-dire présente dans tous les relevés, aurait une fréquence $f = 1$ (valeur maximale de la fréquence). Selon leur fréquence, les espèces sont dites constantes, rares, etc., et affectées d'un indice, conformément au tableau suivant (pour ne pas confondre cet indice avec celui des dominances, on l'écrit généralement en chiffres romains).

Fréquence	Indice	Qualificatif appliqué à l'espèce
Entre 0,8 et 1	V	constante
Entre 0,6 et 0,8	IV	abondante (1)
Entre 0,4 et 0,6	III	fréquente
Entre 0,2 et 0,4	II	accessoire
Entre 0 et 0,2	I	rare ou accidentelle (si la fréquence est inférieure à 0,1, l'espèce est dite très rare).

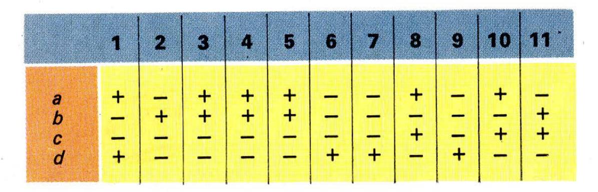
(1) Ne pas confondre avec l'*abondance* définie plus haut.

Indices de fréquence.

— On peut aussi noter la *densité* de l'espèce (c'est-à-dire le rapport entre le nombre d'individus de la même espèce et le nombre d'individus total), qui est un renseignement plus précis que l'abondance, sa *vitalité* (florissante, peu florissante, en « mauvaise santé », dégénérescente, etc.).

● *Présentation des résultats.* Avant d'aller plus loin, imaginons une comparaison. Soit un enquêteur statistique chargé de dénombrer les professions exercées par les 15 000 habitants d'un vaste ensemble immobilier. Il peut évidemment interroger séparément les 15 000 personnes intéressées. Mais il ne pourrait rencontrer ces individus qu'après leur travail, par exemple entre 18 h et 20 h, il faudrait qu'il explique à chacun les raisons de son enquête, il serait parfois obligé de revenir, etc. ; en supposant qu'il consacre à ce travail une moyenne de trente minutes par personne et qu'il puisse poser ses questions aux 15 000 habitants de la cité dortoir explorée, il lui faudrait plus de dix ans pour réunir, à lui tout seul, les renseignements qu'il recherche. On pourrait certes activer le processus en utilisant dix enquêteurs : théoriquement, le travail serait alors accompli en une année. Mais, sur dix enquêteurs, il peut s'en trouver qui — au cours d'une année — tombent malades, d'autres qui abandonnent l'enquête, etc. Autrement dit, l'enquête totale, exhaustive, est difficile, longue, coûteuse.

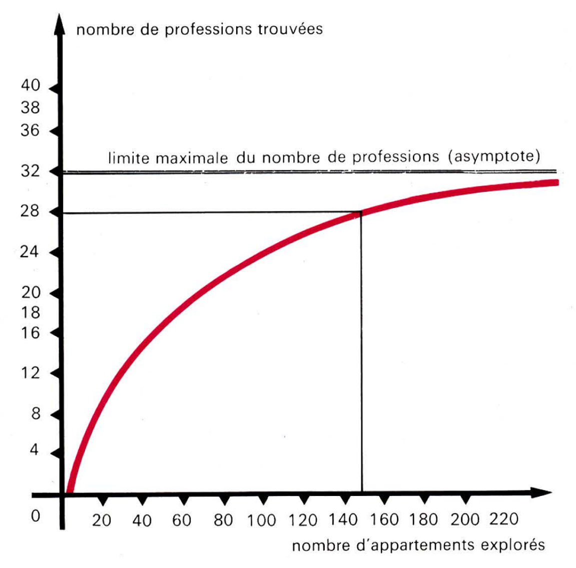
C'est pourquoi l'on se contente très souvent d'interroger une fraction seulement de la population concernée ; en supposant qu'il y ait, par appartement, une moyenne de cinq personnes, on fera porter l'enquête sur 300 appartements au hasard (ce qu'un enquêteur travaillant seul peut faire en moins d'une année et dix enquêteurs en un mois environ). On établira donc le tableau suivant, en appelant *a, b, c,* ... les professions, et 1, 2, 3, ... les appartements explorés.



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
a	+	—	+	+	+	—	—	+	—	+	—
b	—	+	+	+	+	—	—	—	—	—	+
c	—	—	—	—	—	—	—	+	—	+	+
d	+	—	—	—	—	+	+	—	+	—	—

Distribution des professions pour le début de l'échantillon. Le signe + signifie que la profession a, par exemple, existe dans les relevés des appartements nos 1 3, 4, 5, 8, 10 ; le signe — signifie qu'elle n'existe pas.

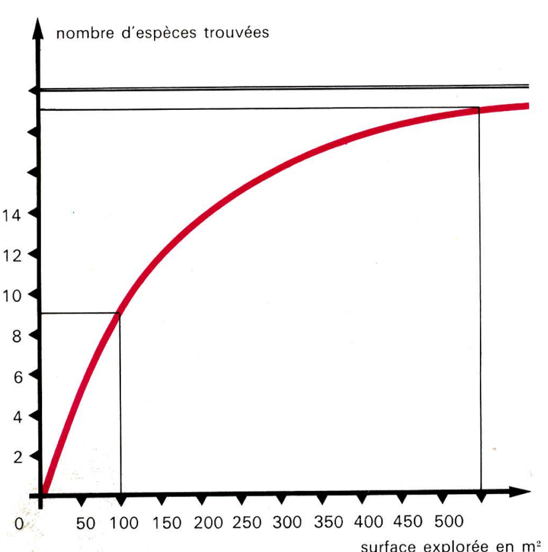
Pour savoir si l'enquête a été poussée assez loin, c'est-à-dire si l'on a interrogé suffisamment de foyers, on établira la courbe suivante :



L'exploration de 40 appartements ne fait apparaître que 18 professions ; plus on explore de foyers, plus le nombre de professions trouvées augmente. A partir de 220 foyers explorés, la courbe est presque parallèle à l'axe des abscisses : le nombre des professions trouvées n'augmente presque plus et ne dépasse guère 38. On peut donc dire, avec très peu de risques d'erreur, que l'exploration de l'ensemble d'habitations, c'est-à-dire des 3 000 foyers, donnera un nombre maximal de 40 professions.** Il n'est pas impossible **qu'on en trouve 41, ou 42, mais il est hautement improbable qu'on en trouve 45 ou 50 (ces nombres sont fantaisistes, bien entendu, et donnés à titre d'exemple, pour fixer les idées).

Cette courbe nous indique que, lorsqu'on aura atteint une liste de 40 professions : *a, b, c* ... *a', b', c',* ... on sera à peu près certain d'avoir relevé *toutes* les professions exercées par la population de l'immeuble ; il est donc inutile alors de faire porter l'enquête sur plus de 220 ou 240 appartements (sur 3 000 que compte la cité dortoir). L'intérêt concret d'un tel échantillonnage est évident : il nous évite un travail long et fastidieux. Cependant la méthode n'est valable qu'à la condition qu'il s'agisse d'une *population homogène*, par exemple si tous les appartements ont à peu près la même superficie et sont occupés par des individus de catégories sociales voisines (en particulier si les prix des loyers sont tous du même ordre).

Pour les plantes, on procédera de même, en établissant la courbe de la figure suivante, en portant en abscisse la surface explorée (ou le nombre de relevés floristiques effectués) et en ordonnée le nombre d'espèces trouvées.



Il suffit d'explorer 400 m du territoire végétal considéré, c'est-à-dire de faire 8 relevés de 50 m², pour avoir une vue complète de sa flore (14 espèces), à la condition qu'il s'agisse d'une** population végétale homogène **(par exemple les plantes d'une hêtraie, les plantes bordant une rivière, etc.).

En appelant *a, b, c,* ... les espèces, et en numérotant 1, 2, 3, ... les relevés, on établira le tableau suivant (qu'on appelle, en mathématiques, une *matrice*) :



	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a									
b									
c									
d									
e									
f									
g									
h									
i									
j									
k									
l									
m									
n									

Dans chaque case, laissée vide sur le schéma qui précède, on mettra un *nombre* caractérisant soit la dominance de l'espèce (les coefficients de Braun-Blanquet), soit sa fréquence, etc. Dans notre exemple, il s'agit d'une matrice à 14 lignes et à 9 colonnes. Nous verrons ci-dessous comment exploiter ces résultats.

Exploitation des résultats.

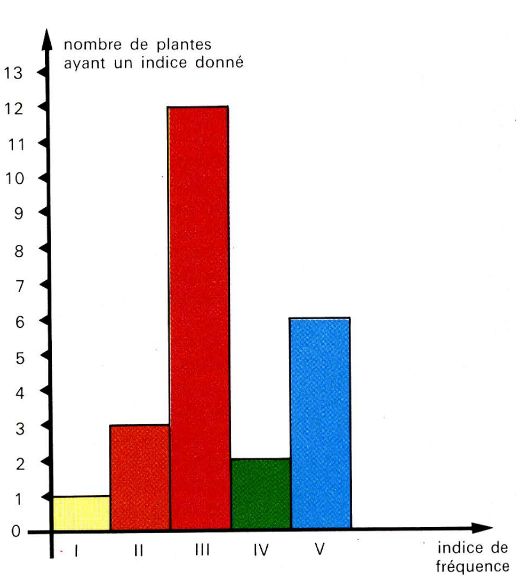
Rappel de quelques notions statistiques.

Étant donné une *population* (c'est-à-dire un ensemble d'individus très nombreux : par exemple tous les habitants de la cité dortoir dans l'exemple précédent, toutes les plantes d'un territoire homogène, etc.), on l'étudie statistiquement en y considérant un certain nombre d'*échantillons*. Ici nos échantillons sont des relevés floristiques sur des petites aires de 50 m² chacune. A chaque élément (espèce) de cet échantillon, nous avons fait correspondre un nombre caractérisant sa dominance, un autre caractérisant sa fréquence, etc. Pour simplifier notre exposé, nous allons nous préoccuper uniquement de la fréquence, c'est-à-dire des indices I, II, III, IV et V. Ces indices sont les *variables* de notre enquête ; la manière dont ils sont répartis entre les diverses plantes constitue une distribution.

● *La représentation graphique* de cette distribution est simple à réaliser ; si l'on a fait plusieurs relevés, on les groupera (deux par deux, trois par trois, cinq par cinq, etc., selon l'importance de l'enquête). Supposons qu'on ait établi 25 relevés floristiques, et que, dans les 5 premiers, on ait trouvé :

6 plantes d'indice V,
2 plantes d'indice IV,
12 plantes d'indice III,
3 plantes d'indice II,
1 plante d'indice I.

On construit le diagramme indiqué sur la figure ci-dessous, appelé *histogramme de présence* (ou de



Histogramme de présence représentant la distribution des indices de fréquence mentionnés dans le texte.

fréquence), où chaque rectangle a une hauteur proportionnelle au nombre de plantes d'un indice donné.

Si nous établissons de la sorte 5 histogrammes, pour les 5 groupes de 5 relevés, on constatera entre eux des ressemblances ou des différences plus ou moins importantes. Si les ressemblances l'emportent de beaucoup sur les différences, on pourra dire que les échantillons appartiennent à un ensemble végétal homogène. Sinon on ne pourra rien dire.

● *L'analyse statistique* des différentes variables permet d'affirmer, avec une probabilité plus ou moins grande d'erreur, que les échantillons sont ou non homogènes (donc qu'on a le droit de les mélanger et de considérer la population à laquelle ils appartiennent comme elle-même homogène), de calculer les coefficients de corrélation entre certaines variables, etc. Les méthodes statistiques sont rigoureuses et se réfèrent aux mathématiques supérieures; les statisticiens ont établi les tables numériques universelles, utilisées aussi bien en biométrie que dans les sciences humaines par exemple (tables de Student, de Fischer, coefficients de Bravais-Pearson, etc.)

Résultats.

● *A partir des échantillons,* on peut donc se faire une idée assez précise de la population végétale d'ensemble examinée; elle constitue un *individu d'association.* « *Individu* », c'est-à-dire un ensemble unitaire, isolé d'autres ensembles du même genre (tout comme un village forme un « individu d'association » humain) ; « *association* » doit être pris en son sens purement descriptif : les plantes qui composent l'*individu* ne sont pas liées nécessairement par des relations d'assistance mutuelle, elles sont simplement *groupées* les unes avec les autres (il ne s'agit pas d'une association comparable à celle des Abeilles dans une ruche).

● *En comparant plusieurs individus d'association* ayant la même organisation (même distribution statistique des plantes ou, tout au moins, distribution voisine), le même aspect d'ensemble ou, comme on dit en écologie, le même *pattern,* on peut former *par la pensée* un individu d'association type, un concept abstrait, qu'on appelle une *association végétale,* de la même façon qu'en comparant plusieurs tables particulières on construit le concept abstrait et général de *table.* Il faut bien noter que l'objet sur lequel travaille un écologiste est toujours un *individu d'association : l'association végétale* est une vue commode (et élaborée) de l'esprit.

● *Dans une association végétale,* on trouvera donc :

— des plantes qui ne se rencontrent que dans cette association, et jamais dans les autres : elles sont dites *exclusives ;*

— des plantes qui se trouvent parfois dans d'autres associations, mais *surtout* dans l'association considérée : elles sont dites *électives ;*

— des plantes qui se trouvent souvent dans d'autres associations, mais *de préférence* dans l'association considérée : elles sont dites *préférantes ;*

— des plantes qui n'ont aucun des trois caractères précédents : ce sont des *plantes compagnes* ou bien des *plantes accidentelles.*

Les trois premières catégories (exclusives, électives, préférantes) forment les *plantes caractéristiques* de l'association; elles ne sont pas forcément les plus abondantes ou les plus dominantes, mais, par comparaison avec les autres groupements, elles permettent de définir avec une relative précision l'association considérée.

● *Pour nommer une association végétale,* on indique souvent les caractéristiques de cette association. Par exemple, parmi les associations de Végétaux aquatiques de nos pays tempérés, on parlera de l'association Nénuphar-Myriophylle. Mais la règle n'est pas générale et l'on utilise parfois des expressions abrégées comme *Fagetum silvaticæ,* condensation de l'expression latine qui signifie « hêtraie de *Fagus silvatica* » (*Fagus* est le genre Hêtre).

Classement des groupements végétaux.

● *On procède en phytosociologie* comme en botanique générale : les associations végétales voisines forment un groupe qu'on appelle une alliance, les alliances elles-mêmes sont groupées en *ordres de végétation* et les ordres de végétation en *classes de végétation.* Le tableau suivant montre le parallèle avec les habitudes de la botanique systématique.

Classification de la botanique systématique	Classification des groupements de Végétaux
La comparaison de plusieurs plantes particulières (individus organiques) conduit à la notion d'*espèce.*	La comparaison de plusieurs individus d'association particuliers conduit à la notion d'*association végétale* (suffixe *-etum,* appliqué à la plante caractéristique de l'association).
Les espèces sont groupées en genres et en *familles* (suffixe *-acées*).	Les associations végétales sont groupées en *alliances* (suffixe *-ion,* appliqué à la plante caractéristique).
Les familles sont groupées en ordres (suffixe *-ales*).	Les alliances sont groupées en *ordres de végétation* (suffixe *-etalia*).
Les ordres sont groupés en *classes.*	Les ordres de végétation sont groupés en *classes de végétation,* désignées par leur écologie d'ensemble. Exemple : la prairie alpine est une classe de végétation.

Classification botanique et classification écologique.

● *Remarque.* On peut reprendre la comparaison précédente en la poursuivant plus à fond. La botanique systématique s'est attachée à définir la notion d'espèce. Autrefois, l'espèce se définissait comme un concept adapté à un ensemble d'individus (à un ensemble de plantes particulières) dont on avait établi avec soin la liste des caractères communs. De nos jours, l'espèce est considérée comme un *ensemble de populations* (et non plus un ensemble d'individus), sexuellement isolées d'autres populations.

Considérons donc une plante quelconque *P ;* nous savons qu'il existe, dans le noyau de ses cellules sexuelles, *n* chromosomes porteurs d'éléments qu'on appelle des *gènes,* responsables des caractères héréditaires de la plante *P.* Ces gènes ne sont pas isolés : ils sont eux-mêmes associés en un *groupe d'enchaînement.* Lors de la conjonction du noyau mâle et du noyau femelle, les groupes d'enchaînement sont transmis héréditairement au *zygote* (c'est-à-dire à l'œuf qui, en se développant, va devenir embryon, puis plante). L'ensemble des caractères héréditaires (portés par les gènes) ainsi transmis s'appelle un *génotype :* un individu est donc, en dernière analyse, un génotype.

Mais, en se développant dans un milieu donné, l'individu va s'adapter à ce milieu et ajouter à ses caractères héréditaires des *caractères acquis,* dont l'ensemble constitue le *phénotype.* Une plante, telle que nous la voyons dans un champ ou au bord d'un ruisseau, est donc un *produit phénotypique ;* mais ce qu'on pourrait appeler sa *réalité biologique* est le *génotype* initial.

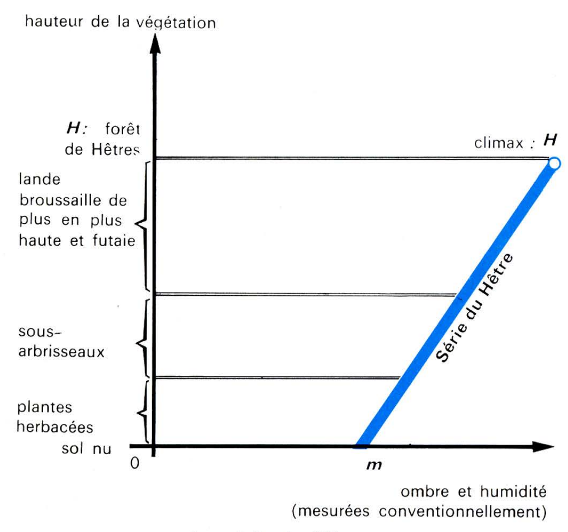
Une population est un ensemble de génotypes, tout comme un génotype est un ensemble de gènes, et nous pouvons dès lors comprendre ainsi les groupements phytosociologiques et les relier aux organisations de la systématique :

CLASSES DE VÉGÉTATION
ORDRES DE VÉGÉTATION
ALLIANCES
Associations végétales
Populations isolées sexuellement (espèces)
Génotypes
Gènes

Étude dynamique des groupements végétaux.

Voici, sur les versants des Alpes françaises, à environ 1 000 m d'altitude, une culture abandonnée par les hommes, qui ont été attirés vers les villes de la vallée. Le sol s'est dénudé et l'on peut considérer comme négligeable la végétation clairsemée qui y pousse : il s'agit de petites plantes herbacées, de faible hauteur. Puis, de saison en saison, ces « herbes » prolifèrent et, au bout d'une ou deux années, il s'est constitué sur l'ancien sol cultivé une *pelouse* (si celle-ci était entretenue par les hommes, régulièrement fauchée, etc., cette pelouse deviendrait *prairie :* mais nous supposerons, pour la commodité de notre exemple, qu'elle va évoluer librement, et en particulier qu'aucun berger n'y emmènera paître ses troupeaux). Si nous avons la patience d'aller contempler périodiquement cette pelouse pendant plusieurs années, nous allons la voir se transformer ; par exemple, des touffes de Bruyères se développent çà et là, prolifèrent. Au bout d'un certain temps, la pelouse sera devenue quelque chose d'intermédiaire entre la *lande* et la *broussaille ;* la végétation est alors plus haute, plus fournie. Je pouvais jouer avec une balle sur la pelouse, je la retrouvais aisément; si je la jetais trop loin au milieu des broussailles, j'aurais maintenant beaucoup de mal à la retrouver et peut-être la perdrais-je définitivement. Le sol qui, lorsqu'il était nu, était rôti par le soleil de l'été, est maintenant protégé par les broussailles; son humidité peut se maintenir et peut-être pourra-t-on y trouver, après quelques bonnes averses, des Escargots. Supposons qu'il y ait, à quelque distance de cette lande-broussaille, une forêt de Hêtres. Les graines de cet arbre sont contenues dans de petits fruits secs appelés *faines :* elles ne peuvent germer que si l'humidité ambiante est suffisante, si la température n'est pas trop élevée, etc., autant de conditions qui n'étaient pas réalisées au stade de la pelouse, mais qui le sont au stade de la lande-broussaille. On va donc voir se développer quelques pieds de Hêtres, puis plusieurs. Au bout d'une centaine d'années environ, nos descendants constateront qu'à la place de la pelouse observée par leur arrière-grand-père se sera développée une forêt de Hêtres, une hêtraie, avec toutes les associations de plantes et d'animaux qui lui correspondent.

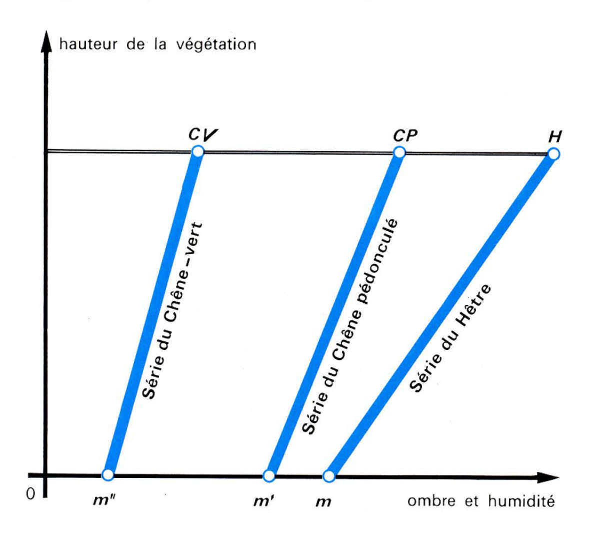
Ce stade de la végétation est un stade *stable.* Dans les futaies de Hêtres, le jeu complexe de la concurrence vitale, des symbioses, des facteurs externes, etc., va aboutir à un équilibre biologique, à condition qu'il n'y ait pas d'intervention humaine, c'est-à-dire — par exemple — qu'il ne se bâtisse pas une station de sports d'hiver à proximité de notre forêt, ou encore un ensemble industriel. Un tel état est appelé un *climax* et les étages aboutissant à ce climax constituent la *série du Hêtre.* On peut la représenter par un graphique en portant en abscisse les valeurs croissantes (mesurées conventionnellement) de l'humidité et de l'ombre, et, en ordonnée, les hauteurs correspondantes de la végétation. On obtiendrait, par extrapolation, une droite dont l'allure est indiquée par la figure suivante.



La série du Hêtre. On remarque que la série ne débute que pour une valeur minimale* m *des conditions ombre-humidité.

On peut étudier de la même façon les séries aboutissant à d'autres *climax,* forestiers, comme celle du Chêne vert *(Quercus ilex)* du bassin méditerranéen occidental ou celle du Chêne pédonculé *(Quercus pedonculata),* commun dans toute la France mais rare dans le Midi. On obtiendrait des droites ayant l'allure de celles de la figure qui suit : notez que la valeur minimale des condi-

tions ombre-humidité diffère pour chaque série, ainsi que la pente des droites représentatives (plus la pente est grande, plus l'évolution est rapide).



Les séries du Chêne vert, du Chêne pédonculé et du Hêtre (schématique).

Conclusion.

Les démarches de la phytosociologie nous imposent quelques réflexions sur la philosophie de la botanique.

● *La botanique est avant tout la science des plantes*. Cela semble une vérité première ; cependant, si l'on considère certains travaux contemporains, elle oublie parfois ce point de vue. Nous songeons ici aux recherches faites sur les conditions extérieures (physico-chimiques) de la vie des plantes, que certains auteurs font passer *avant* l'étude phénoménologique de cette vie. Il est bon, ici, de rappeler l'observation pertinente d'un botaniste français contemporain, M. Guinochet :

> *« Sans en mésestimer l'importance, il faut se libérer de l'idolâtrie du « milieu », tout particulièrement quand on n'envisage que ses seules composantes édaphiques* [relatives aux sols] *et climatiques... Le « milieu » n'est pas un donné préexistant, souverainement objectif ; il ne peut être défini que par rapport à un objet d'étude qui, par conséquent, doit, lui-même, être préalablement explicité d'une manière indépendante sous peine de tautologie »* (Continu et discontinu en phytosociologie, *in* The Botanical Review, vol. 34, n° 3, 1968, p. 285).

Un « milieu » est toujours le milieu-de-quelque-chose et il n'a de véritable sens que par rapport à ce quelque chose ; c'est une notion éminemment relative que les écologistes ont tendance à considérer, parfois, comme un absolu ; ils en font alors une réalité comparable à celle d'un champ électromagnétique par exemple, ce qui est une erreur fondamentale.

● *Le fait premier*, c'est donc l'existence *des* plantes. Nous soulignons l'article pluriel car, s'il n'y avait qu'*une* plante, il n'y aurait pas de botanique, mais aussi parce que notre expérience du monde végétal nous met toujours en présence non pas d'une plante, mais d'un *ensemble* de plantes. Nul n'a jamais rencontré une fleur isolée, séparée de tout autre être végétal, qu'il soit Bactérie, Champignon, Mousse, Fougère ou plante à fleurs, pas plus qu'il n'existe de « Robinson » naturel. Le fait végétal premier est un *fait de groupe* à l'instar du fait humain.

Or, il est banal, en sociologie humaine, d'affirmer qu'un groupement possède des propriétés qui ne sont pas la somme des propriétés des individus qui le composent ; que sa nature, son évolution n'ont rien à voir avec les évolutions individuelles. Le groupement est une *chose* à lui seul et l'étudier en l'analysant, en le découpant d'une façon excessive, c'est le dénaturer. Voyez une « mêlée » de rugby : ils sont là 16 individus qui, solidement liés les uns aux autres, exercent un ensemble de poussées, contre-poussées, etc., qui ne peuvent être comprises comme la somme pure et simple des efforts de chacun ; il existe tout un jeu d'actions et de réactions qui font que la « mêlée » est un véritable individu, une *unité*.

De même pour les Végétaux. Ils sont naturellement associés, et ce sont leurs associations que nous apercevons d'abord. Lorsqu'on isole, dans un herbier, une plante et qu'on la décrit dans son isolement, on perd de vue peut-être l'essentiel de sa nature. C'est un peu comme si l'on voulait décrire et comprendre le caractère d'un être humain sans tenir compte de ses rapports avec ses parents, ses amis, ses maîtres, les gens qu'il rencontre dans sa vie professionnelle, etc.

● *Ainsi donc*, on doit s'attacher d'abord à décrire les associations de Végétaux. Cette description — dont nous avons abordé quelques aspects en étudiant les principes du *relevé floristique* — ne peut être faite « à l'infini ». Il faut, dans l'état actuel de nos moyens, se contenter d'une vision phénoménologique des choses (c'est-à-dire de *ce qui apparaît*). Pour déterminer la structure d'une association végétale, il est nécessaire de comparer et de combiner les relevés pratiqués sur des échantillons ; les méthodes scientifiques modernes (analyse factorielle, analyse des composantes principales à l'aide d'ordinateurs, etc.) ont remplacé, dans ce domaine, le coup d'œil « clinique » du botaniste expérimenté (coup d'œil parfois trop subjectif et, de toute façon, quelle que soit sa valeur, incommunicable).

● *Il reste à préciser l'intérêt théorique* de l'écologie végétale, dont l'intérêt pratique n'échappera évidemment à personne.

— L'écologie peut nous renseigner sur la *morphogenèse* (acquisition de caractères morphologiques) des Végétaux.

— La *taxonomie* moderne attache une importance croissante aux réactions des génotypes aux conditions du milieu (en comprenant, dans cette notion, l'idée d'association avec d'autres êtres vivants). Dans ce domaine, seuls des dénombrements systématiques et l'étude de nombreuses diversités permettront à cette branche de la botanique d'évoluer dans un sens dynamique (c'est à cet aspect de la taxonomie que l'on applique l'expression : « taxonomie expérimentale »).

Les plantes et leur milieu.

En tenant compte des précautions épistémologiques qui précèdent (*épistémologie* = réflexions sur la connaissance scientifique), nous pouvons maintenant entreprendre d'examiner les facteurs extérieurs qui agissent sur les associations végétales et dont l'ensemble constitue le *milieu*, ou, comme disent les auteurs anglo-saxons, l'*environnement*. Nous ne perdrons pas de vue que ce milieu est en rapport avec les plantes qui l'habitent et qu'il est constamment modifié ou stabilisé par celles-ci ; autrement dit, qu'il ne se réduit pas aux *seuls* facteurs climatiques ou pédologiques (relatifs au sol).

Les facteurs climatiques : chaleur et humidité.

En botanique, les facteurs les plus intéressants du climat concernent l'humidité, la température et la lumière. L'expérience commune nous l'apprend : il faut arroser les plantes pour qu'elles poussent, et elles meurent s'il fait trop chaud ou trop froid. Cela est vrai aussi bien des Bactéries que des Arbres les plus majestueux. Nous allons traduire scientifiquement cette intuition banale.

● *Les microclimats*. Lorsque la « météo » nous informe : « La température à Ajaccio, le 17 août 1958, était de 25 °C », cela signifie :

— que le thermomètre de l'observatoire météorologique était placé à 1,75 m au-dessus du sol, à l'ombre d'un abri bâti sur une pelouse et éloigné de toute surface susceptible de réfléchir la chaleur (murs, rochers, sols nus, etc.) ;

— que 25 °C est la *moyenne* entre la température maximale et la température minimale observées au cours de la journée en question.

Dans ces conditions, les températures des divers endroits de la Terre, à des époques variées, sont comparables et d'un très haut intérêt climatologique. Mais pour un botaniste elles sont sans signification : les plantes que nous étudions ne sont pas situées dans les mêmes conditions que le thermomètre du météorologiste. Elles peuvent être en plein soleil, face à un rocher réfléchissant sur elles les rayons solaires, ou à l'ombre d'une futaie ; leur organisme subit les atteintes des variations diurnes de température et celles-ci sont parfois très importantes : on peut prendre un agréable bain de soleil à midi, par un beau jour d'été, sur une plage méditerranéenne, et grelotter de froid, le même jour à minuit, sur la même plage.

De même lorsque la météo annonce : « Il est tombé tant de millimètres de pluie le 17 août 1958 », il s'agit d'une hauteur pluviométrique déterminée selon des conventions précises qui ne correspondent en rien à ce que subit, concrètement, l'organisme des Végétaux ce jour-là ; même remarque pour la lumière.

Si donc l'on parle de l'influence du climat sur la vie des plantes, il faut examiner les conditions particulières autour des Végétaux étudiés ou, comme on dit, le *microclimat* à leur niveau, qui n'a que peu de rapport avec le climat météorologique officiel, fondé sur des moyennes.

● *A petite échelle*, cependant, les conditions climatiques générales ont une signification positive. Rappelons d'abord — pour éviter toute confusion — que l'*échelle* d'une carte est le nombre qu'on lit généralement sous cette carte et qui indique à quelle distance réelle correspond une unité (le centimètre par exemple) sur la carte. Ainsi l'échelle de 1/200 000, qui est celle de nombreuses cartes routières en France, signifie que 1 cm sur la carte représente 200 000 cm (= 2 km) sur le terrain. Supposons que l'on représente, sur une surface correspondant à la moitié d'une page de ce livre, le plan d'un petit village et la carte de l'Europe : l'échelle du plan sera *grande*, par exemple de l'ordre de 1/20 000, l'échelle de la carte du continent sera *petite*, de l'ordre de 1/40 000 000. Quand un géographe dit « à petite échelle », il songe donc à l'échelle d'un continent ; le langage courant pense exactement le contraire (l'étude portant sur un continent sera appelée « étude à grande échelle », ce qui est une grave inexactitude de langage).

Pour avoir une idée générale d'un climat à petite échelle, on peut porter sur un même graphique la *courbe ombrique* (*ombros* = « pluie ») où les précipitations sont exprimées en millimètres et la *courbe des températures* exprimées en degrés Celsius. En prenant pour représenter 1 mm de pluie une échelle double de celle utilisée pour représenter 1 °C (par exemple : 1 cm représentera 20 mm de pluie ou 10 °C), on peut énoncer cette observation très générale valable seulement à l'échelle d'une grande région géographique : lorsque la hauteur P des précipitations (mesurée en millimètres) est inférieure au double de la température exprimée en degrés Celsius, soit :

$$P < 2T,$$

les plantes d'une région ont tendance à souffrir de la sécheresse.

● *On peut aussi tenir compte* d'indices variés, calculés à partir des précipitations et des températures. En voici quelques-uns :

— Indice d'aridité de de Martonne (l'un des grands représentants de l'école classique de géographie, 1873-1955) :

$$i = \frac{P}{T + 10}$$

avec P : moyenne des précipitations annuelles en millimètres ; T : moyenne des températures annuelles en degrés Celsius. Plus un climat est aride, plus i est voisin de 1.

— Indice xérothermique (*xeros* = « sec ») : au cours d'une période de sécheresse climatique (c'est-à-dire sans précipitations), les Végétaux d'une région ne sont pas pour cela privés d'eau, puisque celle-ci existe à l'état de vapeur dans l'atmosphère (humidité atmosphérique). Dans bien des pays chauds, en bordure des côtes, alors qu'il ne pleut pas pendant la nuit, les herbes sont mouillées au petit matin. L'*indice xérothermique* est le nombre de jours biologiquement secs au cours d'une période de sécheresse, c'est-à-dire le nombre de jours pendant lesquels il n'y a pas d'humidité atmosphérique appréciable. Quand on passe d'un climat « humide » à un climat « aride » comme le climat méditerranéen, on voit cet indice croître ; par exemple en France méridionale on aura :

Ville	Indice xérothermique
Lyon	0
Valence	7
Montélimar	13
Bollène	22
Avignon	43

Différentes observations ont montré que la limite nord de la culture de l'olivier coïncide avec la limite du climat méditerranéen (Flahault) ; cette limite correspond à un indice xérothermique égal à 40.

— *Quotient pluviothermique d'Emberger* (valable pour la région méditerranéenne). C'est le rapport :

$$Q = \frac{100\,P}{(M+m)\,(M-m)}$$

avec P = précipitations en millimètres ; M = température moyenne du mois le plus chaud ; m = température moyenne du mois le plus froid.

Climats	Régions du globe soumises à ces climats	Caractéristiques climatologiques	Observations sur la végétation
Pays désertiques	Sahara, Somalie, Éthiopie, Égypte, Arabie, plateaux d'Afghanistan et d'Iran, désert de Thar (Pakistan), plateaux intérieurs des Rocheuses, Kalahari, Australie intérieure, Chili septentrional.	Indice xérothermique supérieur à 290. Températures diurnes très élevées, températures nocturnes très basses. Précipitations annuelles inférieures à 200 mm.	Steppes discontinues et maigres en bordure des déserts.
Pays de climat méditerranéen	Autour de la Méditerranée, Californie, Sud-Ouest de l'Australie, Le Cap, Chili central. Remarque : nous désignons les saisons par référence à l'hémisphère boréal (été : jours longs ; hiver : jours courts) ; pour les pays de l'hémisphère austral, il faut les intervertir (jours longs : hiver ; jours courts : été).	Indice xérothermique supérieur à 40 : zone *euméditerranéenne ;* indice compris entre 1 et 40 : zone *subméditerranéenne.* Étés chauds et secs ; hivers doux (possibilité d'une végétation hivernale).	Domaine de l'Olivier, végétation basse (garrigues, maquis). Adaptation des Végétaux à la sécheresse (feuilles dures et vernies). Pas d'arrêt de la végétation en hiver.
Saison sèche en été :			
	Montagnes sèches de l'Asie (Pamir, Tibet) et une partie des montagnes Rocheuses. Pays de steppes.	Étés secs ; précipitations hivernales (neige), assez faibles (la neige s'accumule dans les vallées).	Végétation arrêtée en hiver ; la fonte des neiges au printemps favorise la germination ; récoltes possibles avant la sécheresse de l'été qui arrête à nouveau la végétation.
Saison sèche en hiver (régime des moussons) :			
	Mexique, Bolivie, plateaux brésiliens, Soudan, Afrique orientale, Madagascar, Asie du Sud-Est, Inde, « mers du Sud ».	Nombreuses variantes selon l'importance des précipitations, le nombre de jours de pluie, les amplitudes thermiques, etc.	Végétations équatoriale et tropicale ; influence des facteurs édaphiques (liés au sol).

Les climats secs à la surface du globe.

Les climats secs méritent d'être étudiés avec soin, car ils intéressent plus du tiers des terres continentales ; les régions qui les subissent sont aussi les plus denses démographiquement : ce sont souvent les « pays de la faim ». Le tableau ci-dessus résume l'essentiel de leurs caractéristiques.

Autres facteurs climatiques.

● *La lumière.* Le rôle de ce facteur est éminemment variable selon les plantes, qui n'ont pas toutes les mêmes besoins lumineux (il est des Fougères qui ne peuvent vivre que dans des sous-bois épais, presque dans l'obscurité), et selon les stades de vie du Végétal considéré : au stade de la maturation et du développement de la plantule, le facteur chaleur-humidité l'emporte de beaucoup sur le facteur lumineux, qui peut devenir prioritaire par la suite. Au cours de la vie d'une plante, la durée relative du jour et de la nuit influe sur son développement : il est des espèces qui ont besoin, en particulier pour leur floraison, de 12 à 14 h de lumière par 24 heures (plantes des jours longs), comme le Blé, le Seigle, l'Avoine, la Lentille, le Pois, etc., d'autres qui sont de jours courts, comme le Tabac et le Maïs ; il en est enfin qui sont indifférentes (Riz).

● *La neige* est une forme de précipitations qui existe dans les régions froides. Si un automobiliste abandonne sa voiture en plein hiver, avec une température au-dessous de zéro, pendant la nuit dans un endroit découvert, il aura en général bien du mal à faire tourner son moteur le lendemain matin : l'huile est gelée et paralyse tous les organes. Mais s'il s'est produit une abondante chute de neige, la couche sous laquelle disparaît la voiture a protégé celle-ci du froid presque aussi efficacement qu'un garage : de même, dans les régions montagneuses, où les chutes de neige sont abondantes, le sol est préservé du froid.

● *Les autres facteurs* (vent, grêle, foudre, gelées) ont des influences diverses, souvent accidentelles. La foudre met le feu aux forêts sèches et des milliers d'hectares de végétation disparaissent sous les effets de l'incendie tous les ans ; les gelées tardives, si elles se produisent où la graine germe, peuvent tuer les futures plantes, etc.

Comme on le voit, toutes ces actions climatiques sont complexes. Leur influence est loin d'être bien comprise, car elle est exagérée ou compensée par les réactions des plantes sur leur milieu, par l'influence de l'homme dans les régions cultivées ; de plus, ce qui précède a surtout un sens à petite échelle, pour un continent par exemple. Au niveau d'un petit territoire végétal, ce sont les microclimats qui interviennent.

Les sols.

La science des sols s'appelle, indifféremment, l'*édaphologie* ou la *pédologie* (*edaphos* = *pedon* = « sol »). Les facteurs édaphiques sont plus importants que les facteurs climatiques à l'échelle d'un petit territoire (par exemple la fraction d'un département français) ; ils sont largement dominés par ceux-ci à l'échelle d'un pays ou d'un continent.

● *Structure d'un sol.* Un sol est une formation complexe qui se développe à partir de roches constituant l'écorce terrestre et qu'on appelle les *roches mères* des sols. La partie superficielle d'une roche mère est décomposée par les agents atmosphériques (pluie, vent, température, etc.), et fournit la *matière minérale* du sol ; mais les Animaux qui y vivent et qui y meurent, les Végétaux qui s'y développent, bref tous les êtres vivants qui participent au cycle de l'azote (voir p. 21) contribuent à la constitution du sol, dont ils fournissent la *matière organique.* Entre les deux fractions, qui s'interpénètrent intimement en raison du caractère *meuble* de leurs éléments, s'établit un équilibre bio-physico-chimique caractéristique.

Au-dessus de la roche mère se superposent plusieurs couches ou horizons, de texture et de composition bio-physico-chimique définies (voir photographie ci-dessous). On désigne habituellement ces niveaux par des lettres conventionnelles : A, B, C, ... auxquelles on adjoint des *indices* (A_0, A_1, etc.).

Les eaux de pluie, chargées d'acide carbonique, provoquent, en s'infiltrant dans les sols, des transformations importantes ; elles dissolvent les composants solubles des horizons superficiels, entraînent avec elles les *acides humiques,* résultat de l'activité des Bactéries dans l'*humus,* etc. Lorsqu'un sol a atteint un état d'équilibre avec le climat et la végétation, on dit qu'il est parvenu à un *pédoclimax,* ou encore qu'il s'agit d'un *sol climacique.*

● *Caractéristiques physiques d'un sol.* Un sol est une matière meuble, c'est-à-dire composée de *grains* dont la forme et la dimension — étudiées par la *granulométrie* — influent sur la circulation plus ou moins aisée de l'eau. Il est important de distinguer les *sols à structure particulaire,* faits de petits grains serrés à travers lesquels l'eau et l'air passent difficilement, et les *sols à structure glomérulaire,* composés de *grumeaux* inégaux, caractéristiques des sols poreux. Outre cette texture, il faut encore connaître différents facteurs tels que :

— l'acidité du sol, donnée par un coefficient appelé pH (c'est le logarithme décimal de l'inverse de la concentration en ions hydrogène H^+) ; ce facteur est important ; les sols *acides* ont un pH inférieur à 7 ; les sols *basiques* ont un pH supérieur à 7 ;

— la composition chimique du sol : on étudie facilement la teneur en carbonate de calcium, en matières organiques, en carbone provenant de cette matière organique, en azote, en chlorures de divers métaux, en oxygène, etc. Le dosage de certaines substances est parfois plus délicat, surtout lorsqu'il s'agit d'éléments présents en faible quantité.

● *Classification des sols.* On a proposé de nombreuses classifications selon la composition chimique, l'aspect des sols, etc. Nous indiquons dans le tableau de la page suivante celle qui a été proposée par Ph. Duchaufour ; elle repose sur la distinction entre sols liés au



Cl. Jean Vincent.

Coupe d'un sol en forêt.
La partie inférieure de la coupe, de couleur jaune, correspond à la roche mère ; au-dessus, on aperçoit nettement plusieurs horizons, de couleurs différentes.

climat (*sols zonaux,* les *zones* de climat étant des bandes grossièrement parallèles à l'équateur) et les sols liés à une caractéristique de la roche mère *(sols intrazonaux* ou *azonaux).*



Dans les plaines basses, où l'eau ne s'écoule que lentement, se développent des* tourbières. *La* tourbe *est constituée par des Mousses et des Sphaignes, qui meurent par la base et se décomposent, donnant une substance fibreuse, puis compacte. Ci-dessus une tourbière acide (à Sphaignes).

I. Sols zonaux, déterminés par les zones de climats.	***Sols des climats froids et humides (très lessivés)***	1. *Podzols :* sols pulvérulents, blanchâtres, semblables à de la cendre, abondamment lessivés par les eaux qui entraînent en profondeur les éléments de surface. Ils supportent une végétation forestière (la grande forêt de Conifères en U.R.S.S.). Humus très acides appelés *mor* ou *humus brut.*
		2. *Sols des toundras :* gelés jusqu'à 50 ou 70 cm de profondeur, ils empêchent le transport des éléments vers les grandes profondeurs. En été, les Bactéries décomposent sur place les débris organiques.
		3. *Sols de haute montagne.*
	Sols des climats tempérés (peu lessivés)	4. *Sols bruns forestiers* comprenant, au-dessous de la surface, une couche plus ou moins continue et visqueuse de silice et d'alumine (sols dits *siallitiques*) ; humus non acide appelé *humus doux* ou *mull des forêts.* Sols supportant naturellement des forêts d'arbres à feuilles caduques, et transformés par l'homme en sols cultivés. Défaut de calcaire (plus sensible en climat humide qu'en climat sec).
	Sols du climat méditerranéen	5. *Sols rouges méditerranéens :* riches en oxyde de fer (pas de lessivage et d'entraînement vers les profondeurs), formés souvent sur des roches calcaires. Peu d'humus (il est décomposé par la chaleur à mesure qu'il se forme).
		6. *Sols à croûte :* il n'y a pas de lessivage « descendant », car l'évaporation (lessivage « ascendant ») l'emporte ici sur l'humidification. Accumulation de carbonates près de la surface ; formation d'une *croûte* en surface (transition sur les sols des déserts).
	Sols des climats continentaux (steppe)	7. *Tchernoziom* (terre noire d'Ukraine), formé par la végétation (graminées) aux dépens du lœss *(mull calcique) ;* ne s'acidifie pas ; lessivage entraînant aux niveaux inférieurs les carbonates des niveaux supérieurs. On les rencontre aussi en Amérique du Nord (*prairie* des États-Unis) et du Sud (*pampa* argentine), dans les régions sans saison sèche.
		8. *Sols bruns des steppes :* dans les climats plus chauds et plus secs. La végétation est plus espacée, les carbonates plus près de la surface que dans le tchernoziom.
	Sols des déserts	9. *Sols des déserts :* à croûte (voir ci-dessus n° 6).
	Sols tropicaux	10. *Latosols :* sols où ne subsistent que l'alumine et des oxydes de fer ; leur genèse est liée aux hautes températures et aux précipitations abondantes : décomposition énergique de la roche mère, entraînement des matières organiques vers les profondeurs en saison humide, ascension des hydrates de fer et d'alumine à la saison sèche. Ces formations sont appelées aussi des *latérites,* elles sont stériles (pays de savane en Afrique).
II. Sols liés à une caractéristique de la roche mère (sols intrazonaux ou azonaux)	***Sols salins, puisant les sels solubles dans le sous-sol***	11. *Solontchak :* sols où des sels solubles sont accumulés en surface, après ascension par capillarité ; en saison sèche : formation de croûtes. Ces sols existent surtout dans les régions sèches, aux latitudes faibles et moyennes (Asie centrale, Sahara, chotts d'Afrique du Nord, Hongrie, Russie du Sud-Est, côte méditerranéenne française, etc.). Favorables aux *Halophytes* (= plantes des terres salées).
		12. *Solonetz :* sols salés ; mais l'accumulation des sels solubles est provoquée par l'existence d'une couche argileuse imperméable au-dessus de laquelle ils se concentrent. Mêmes remarques que pour le solontchak.
	Sols tourbeux et sols à gley	13. *Sols de tourbière :* accumulation de matières organiques humifiées mais non oxydées. Humus noir acide.
		14. *Sols des prairies tourbeuses :* si l'action de la nappe d'eau froide est moins nette et si le lessivage est important, les éléments solubles (fer, alumine) forment en profondeur une couche brune plus ou moins compacte, que ne peuvent traverser les racines des Végétaux.
		15. *Sols des landes :* sols épuisés et pauvres.
		16. *Sols podzoliques à gley :* le *gley* est un horizon saturé d'eau, riche en acides humiques. Pour les podzols, voir le n° 1 ci-dessus.
	Sols dont la roche mère contient du calcaire	17. *Rendzines :* sols des montagnes calcaires, dans les climats qui ne sont pas trop humides ; pauvres en colloïdes et en humus.
	Sols azonaux indépendants du climat	18. *Sols alluviaux :* constamment renouvelés, enrichis par des éléments nouveaux (deltas de certains fleuves, etc.).
		19. *Sols divers :* provenant notamment de l'activité animale (sols des termitières, sols où se rassemblent des oiseaux producteurs de guano, etc.).

Classification des sols.

Actions et réactions des plantes sur leur environnement.

Relations entre les plantes et le sol.

● *Pour mémoire,* rappelons que les plantes puisent une grande partie de leurs aliments dans le sol (voir ci-dessus, p. 12).

● *Les besoins des Végétaux* en sels minéraux ne sont pas les mêmes pour tous ; cela explique que certaines espèces ou certains genres se développent mieux sur tel ou tel sol ; mais l'explication pédologique est, il ne faut pas l'oublier, insuffisante, car de nombreux autres facteurs conditionnent la vie végétale et il faut tenir compte de leurs interactions : on ne peut tout expliquer par de simples analyses de laboratoire. Il est possible cependant de distinguer :

— des plantes *nitrophiles* (*philos* = « ami » ; l'azote portait autrefois le nom de *nitre*), comme les Orties qui poussent facilement sur les sols riches en azote (décombres, terrains d'épandage, fumier, etc.) ;

— des plantes *calcicoles,* qui recherchent ou supportent les sols calcaires (Buis) ;

— des plantes *calcifuges,* comme la *Fougère aigle,* qui, au contraire, fuient les sols calcaires (on dit parfois *silicicoles* au lieu de *calcifuges :* c'est une erreur de terminologie, car les plantes en question ne recherchent pas la silice) ;

— des plantes *acidophiles* qui aiment les sols acides (pH inférieur à 7) et des plantes *basiphiles* qui recherchent des sols basiques ;

— des plantes halophiles (*hals* = « sel ») qui poussent sur les terrains salés : elles sont en général *succulentes (grasses)* et de couleur grisâtre.

● *Action des êtres vivants sur le sol.* Une plante modifie, par ses parties aériennes (tige, feuilles) et ses parties souterraines (racines), son propre environnement et, par conséquent, favorise ou contrecarre le développement d'autres plantes voisines. Nous avons déjà vu se transformer une pelouse en hêtraie par action de la végétation sur les conditions chaleur-humidité ; on peut aussi considérer son action physique et chimique sur le sol. Voici un exemple emprunté à M. Guinochet : soit, à l'étage alpin des Alpes, un éboulis calcaire produit par un glissement de terrain ; il est ensemencé par les graines des plantes avoisinantes, mais seules poussent et se développent les espèces capables de se maintenir dans cet environnement non aménagé. Ces Végétaux stabilisent l'éboulis par leurs racines et introduisent dans le sol des matières organiques (parties mortes, cadavres). Ces modifications édaphiques permettent l'installation d'autres espèces qui, à leur tour, transforment les conditions préexistantes, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on parvienne à un *climax,* à condition qu'aucun « accident » ne remette tout en question. A l'étage alpin, ce climax est une pelouse continue dominée par une plante de la famille des Cypéracées : *Carex curvula,* dont il existe dans les Alpes deux races géographiques.

On rencontre aussi des plantes qui déversent dans le sol, par leurs racines, des produits toxiques, nuisibles à d'autres plantes ou parfois à leurs propres semis qui ne peuvent donc se développer qu'à une certaine distance de la plante mère. Ici aussi, l'évolution est dynamique : dans les sols intoxiqués, les graines ne peuvent germer mais, s'il pleut abondamment, les toxines vont être entraînées dans les profondeurs et la germination sera alors possible en surface.

Ajoutons à cela le rôle des Animaux. Les herbivores (Moutons, Lapins, etc.) font de véritables ravages et exercent une action négative sur la végétation ; par contre les Insectes, transporteurs de pollen, les Oiseaux, transporteurs de graines, ont une action plus positive, etc.

Les réactions à l'environnement : l'adaptation.

Rappelons que chaque être vivant se reproduisant sexuellement comprend deux catégories de cellules : les unes, de beaucoup les plus nombreuses, constituent les tissus et organes *végétatifs,* le « corps » (en grec :

soma) de l'être vivant; les autres (pratiquement : les cellules sexuelles) contiennent le patrimoine héréditaire de l'individu (les gènes), transmis de génération en génération. Au cours de sa vie, un être vivant modifie son *soma*, en *acquérant* des caractères nouveaux : ces caractères acquis ne sont pas transmissibles héréditairement. Par exemple, si l'on casse une patte à une Mouche dès sa naissance et que l'on procède ainsi à chaque génération, ce caractère acquis ne se transmet pas : à la n^e génération, les Mouches naîtront encore avec toutes leurs pattes.

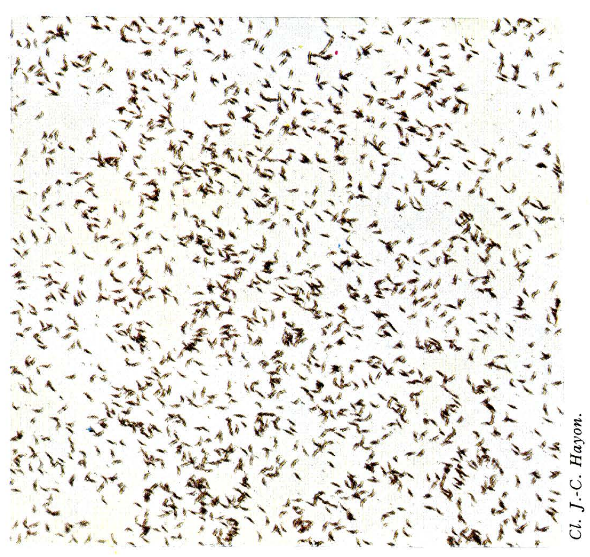
Phénomènes de convergence. Les Cactacées sont des plantes succulentes (plantes grasses) qui résistent à la sécheresse du milieu où elles vivent parce qu'elles emmagasinent des réserves d'eau; le caractère « succulent », que nous désignerons par la lettre *S*, est, chez elles, héréditaire. Considérons d'autre part les Euphorbes, qui poussent couramment en Europe et qui présentent des formes extrêmement variées; elles appartiennent à une lignée d'Angiospermes très éloignées de la lignée des Cactacées et ne sont pas nécessairement succulentes. Placées dans des conditions arides, certaines Euphorbes ressemblent à des Cactacées, à un tel point que les horticulteurs qui les cultivent en serres ne les reconnaissent qu'en y pratiquant une incision : l'Euphorbe contient du latex, la Cactacée un liquide très voisin de l'eau.

Cette ressemblance est appelée un *phénomène de convergence;* elle s'explique ainsi : l'Euphorbe contient, dans son patrimoine héréditaire, le caractère *S* à côté d'autres caractères : *A, B,* etc., qui lui confèrent son aspect extérieur. Si le climat est aride, les types *A,B,* etc., disparaissent (ils ne sont pas adaptés), tandis que le type *S*, adapté à la sécheresse, subsiste seul. Le caractère succulent n'est donc pas « acquis » par l'Euphorbe, il préexistait à l'état de caractère virtuel.

Accommodat. On désigne ainsi un individu qui s'est modifié pour s'adapter au milieu dans lequel il vit. Par exemple, une plante peu velue, vivant en milieu sec, voit ses poils augmenter en nombre; dans un milieu humide, au contraire, ils diminuent (observation de Bonnier). Mais cette modification, directement produite par l'action du milieu, semble-t-il, n'est pas héréditaire : c'est un caractère acquis. Cela distingue l'*accommodat* de l'*écotype*, défini ci-dessous.

L'écotype. Lorsqu'une espèce déterminée peut vivre en des milieux différents, elle donne parfois naissance à des sous-espèces possédant des caractères héréditaires adaptés à ces milieux : on appelle ces sous-espèces (ou races) des *écotypes*, parce qu'elles sont déterminées par leurs besoins écologiques.

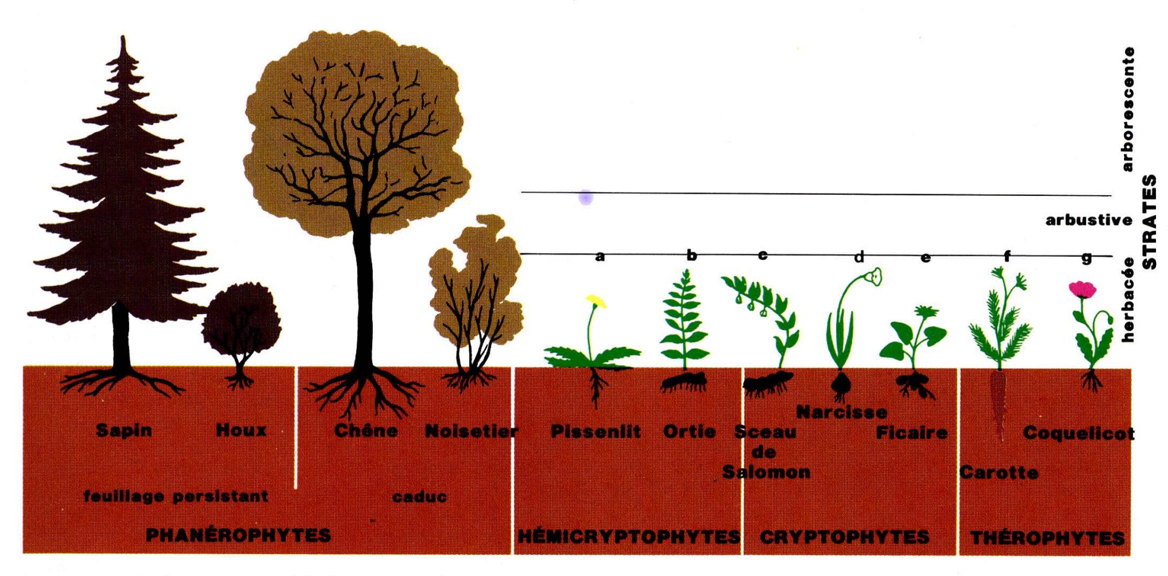
Les types biologiques. En fonction de leur morphologie, dépendant de leurs facultés d'adaptation, les plantes ont des aspects différents qu'on appelle des *types biologiques*. Les principaux de ces types (Phanérophyte, Hémicryptophyte, Cryptophyte ou Géophyte, Thérophyte) sont indiqués sur le schéma ci-dessous; il faut y ajouter les plantes aquatiques (Hydrophytes), comme le Jonc, le Roseau, la Renoncule aquatique, le Nénuphar jaune, le Potamot, la Vallisnérie, l'Élodée, le Myriophylle, etc.



Cl. J.-C. Hayon.



Cl. J.-C. Hayon.



Principaux types biologiques végétaux. Dans la strate herbacée, on distingue des plantes : a) en rosette, b) sans rosette, c) à rhizome, d) à bulbe, e) à tubercule, f) bisannuelle, g) annuelle.

La répartition des plantes et la phytogéographie.

Dissémination des plantes.

Les plantes sont, dans l'ensemble, des êtres fixés à un substrat; cependant leurs graines se disséminent et la végétation peut ainsi accroître ses aires de peuplement. Les organes de dissémination sont appelés des *diaspores* (*diaspeirein* = « répandre autour »).

Les principaux types de diaspores sont :

— Les spores (cas des plantes qui ont une reproduction asexuée, voir p. 24);

— Dans le cas des Phanérogames : *la graine*, renfermant le *zygote*, résultat de la fusion d'une cellule sexuelle mâle et d'une cellule sexuelle femelle, qui, en se développant, constituera l'embryon ou plantule, entouré d'un tissu contenant des matières de réserve ou *albumen*, le tout étant protégé d'un *tégument* plus ou moins épais, imperméable. Les graines peuvent être isolées ou plus ou moins soudées entre elles.

— Un embryon tout formé; exemple : les Palétuviers (genre *Rhizophora*) dont les embryons tombent, tout développés, dans la vase de la mangrove d'Afrique occidentale et d'Amérique.



Cl. M. Sire.

Ci-dessus : deux graines de Cèdre (genre* Cedrus) *encore attachées à la face dorsale d'une écaille (le Cèdre est un Conifère). Elles ont toutes deux commencé à germer : on voit apparaître deux petites radicules (futures racines) de couleur rosée.



Cl. J.-C. Hayon.

Ci-dessus : divers types de graines. I. Graines minuscules du Sabot-de-Vénus **(Cypripedium calceolus)**, ***qui appartient à la grande famille des Orchidacées. — II. Graines de Fusain*** **(Euonymus europæus)**. ***— III. Graines du Ricin*** **(Ricinus communis)** ***: remarquez les téguments marbrés et une petite formation mucilagineuse, la*** **caroncule (ca)**.

— Un fruit, une partie de fruit ou des fruits groupés : on sait que, chez les Angiospermes, les graines sont contenues dans les fruits.

Cl. J.-C. Hayon.

Fruit gigantesque du Palmier des îles Seychelles* (Lodoicea seychellarum), *appelé* Cul-de-négresse *(25 kg) : l'endocarpe de ce fruit (enveloppe ligneuse contenant la graine) sert à faire des ustensiles de ménage.

— Un fruit portant des organes floraux (exemple : les Graminées ; voir p. 118).

— La plante entière ou une partie de la plante.

● *Les agents de dissémination* sont nombreux. Ce sont principalement : le vent, l'eau (de pluie ou de ruissellement), les Animaux (Oiseaux : ne pas confondre avec le transport des grains de pollen par les Insectes), l'Homme. On parle selon les cas de plantes *anémochores* (*anemos* = « vent » ; *chora* = « lieu »), *hydrochores, zoochores* ou *anthropochores* (*anthropos* = « homme »). La forme des diaspores se prête, plus ou moins électivement, à certains modes de dissémination.

Répartition des aires ; les régions florales.

● *Les aires.* On appelle *station* le type de milieu écologique où vit une espèce ; le territoire compris entre plusieurs stations extrêmes s'appelle une *aire.* Pour comprendre la répartition des aires, il faut connaître l'histoire géologique de la Terre, les modes de dissémination des espèces, éventuellement l'histoire des interventions humaines (un exemple célèbre et intéressant est celui de la Pomme de terre, dont l'aire était uniquement sud-américaine jusqu'à sa découverte par les Espagnols, en 1537).

Un certain nombre de problèmes se posent au sujet des aires ; ils sont dans l'ensemble loin d'être résolus.

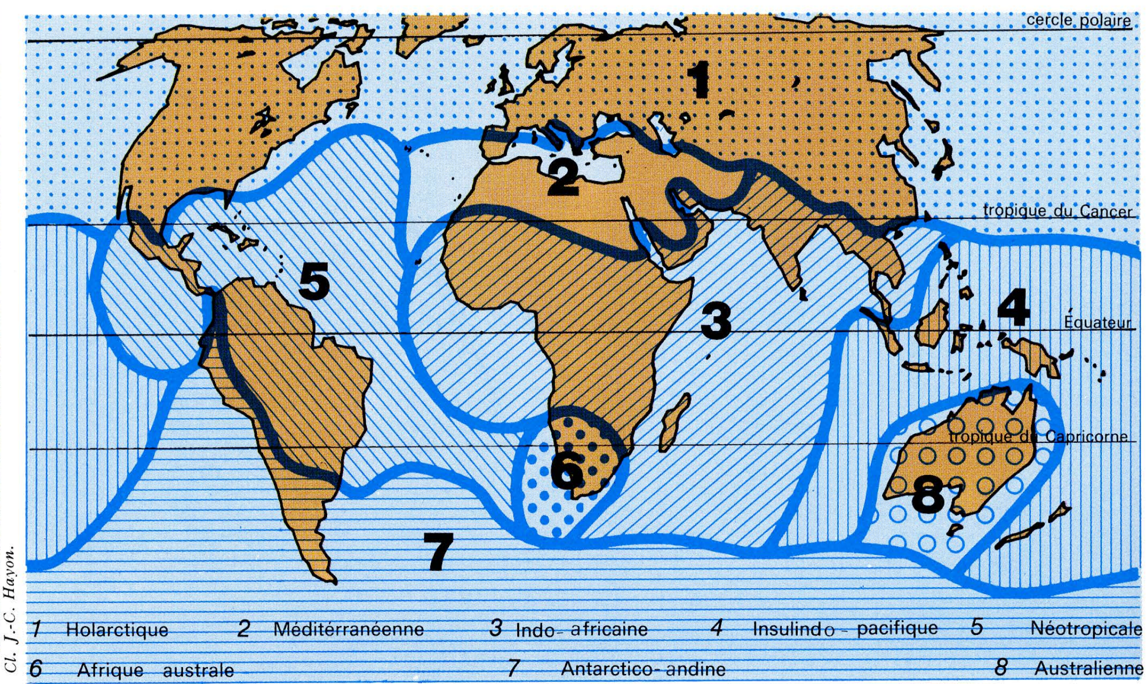
— Quelle est leur origine ? Y a-t-il eu dispersion à partir d'un foyer initial (un *berceau*), comme le montrent les découvertes géologiques, ou bien des individus de l'espèce considérée sont-ils apparus simultanément en plusieurs points de l'aire (théorie dite de l'*hologenèse,* rejetée en général par les géologues) ?

— Quels sont les facteurs écologiques qui ont permis l'implantation des aires ?

— Comment varient-elles ? On constate en effet qu'il y a des aires continues, des aires disjointes, etc.

Pour fixer les idées : on connaît environ 300 000 espèces de plantes vasculaires ; un pays comme la France en compte environ 4 000 ; 25 espèces seulement s'étendent sur 50 % de la surface du globe et 100 espèces sur le tiers des terres émergées. L'*aire moyenne* d'une espèce est de l'ordre de 1 000 000 de km², mais il est des plantes rares qui ne poussent que sur un seul pan de rocher dans le monde !

● *Les régions florales ou territoires floristiques.* Les espèces ne sont pas répandues uniformément. Dans l'état actuel des choses, on peut distinguer, à la surface du globe, un certain nombre de grandes régions dont la flore (c'est-à-dire le nombre et la nature des espèces qu'on y rencontre ; ne pas confondre avec la *végétation*) présente un ensemble de caractères plus ou moins typiques (par exemple l'existence de l'Olivier dans la région méditerranéenne). Ces régions (au nombre de huit) sont indiquées sur la carte ci-dessous ; elles sont elles-mêmes divisées en *domaines,* ceux-ci en *secteurs,* etc., en fonction des compositions floristiques.



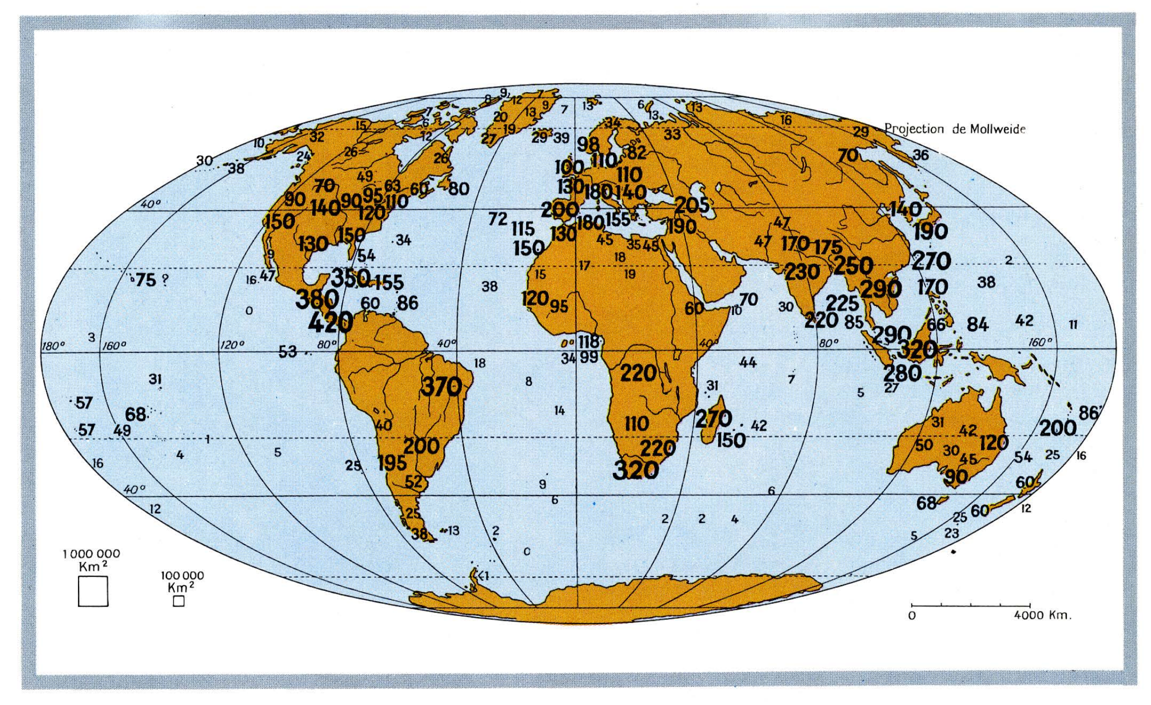
Les régions florales d'après H. Gaussen.

La flore vasculaire.

On désigne ainsi l'ensemble des espèces des plantes vasculaires (environ 300 000 dans le monde) ; elles comprennent les arbres, les plantes herbacées, les Fougères et quelques groupes voisins. Ce sont des Végétaux supérieurs, pourvus d'un système de *vaisseaux* dans lesquels circule la *sève.* Les plantes vasculaires habitent, pour la plupart d'entre elles, les terres émergées ; elles sont, dans leur immense majorité, *autotrophes* (c'est-à-dire qu'elles fabriquent elles-mêmes leurs aliments) ; celles qui ne sont pas autotrophes vivent en parasites, en semi-parasites, etc.

Les inventaires sont longs et difficiles à faire. Si pour l'Europe, l'Amérique du Nord, les pays bordant la Méditerranée (Afrique du Nord, notamment) et les différentes îles, les flores sont assez bien connues, il n'en est pas de même de toutes les autres parties du monde (notons cependant que des inventaires très complets existent pour l'Inde et pour l'Indochine). Bien entendu, sont exclues de ces inventaires les plantes cultivées ou naturalisées (qui représentent de 10 à 25 % des plantes d'une région).

● *Pour comparer les flores de divers territoires,* on tient compte de la *richesse aréale,* définie comme le nombre d'espèces existant pour 10 000 km² (à titre de comparaison, la France a une superficie de 550 000 km²). La carte figurée ci-dessous, établie par A. de Cayeux (*La Science de la Terre,* Paris, Bordas, 1969, p. 280), donne la richesse aréale des fleurs vasculaires. La projection cartographique utilisée est celle de Mollweide qui respecte les surfaces relatives des continents. Les nombres indiquent combien il y a de dizaines d'espèces par 10 000 km² (il faut donc les multiplier par 10 pour avoir le nombre d'espèces par 10 000 km², c'est-à-dire la richesse aréale effective) ; ils sont d'autant plus « gros » que la richesse aréale est grande (ce qui donne une présentation visuelle commode des résultats). Ainsi la richesse aréale de Madagascar est de 2 700 espèces par 10 000 km² ; celle de la France de 1 300 espèces par 10 000 km², et ainsi de suite.



Richesses aréales des différentes régions du monde (flores vasculaires).

● *Les facteurs qui interviennent sur la richesse aréale* sont les suivants :

— La continuité géographique (continentale et climatique) : sur un même continent, et dans des conditions climatiques voisines, les richesses aréales sont du même ordre de grandeur. Par exemple, en Europe tempérée et méditerranéenne, elles varient entre 1 000 et 1 800 espèces pour 10 000 km²; quand on traverse l'Afrique d'ouest en est, au niveau du tropique du Cancer, on rencontre successivement sur la carte ci-dessus les nombres 15, 17, 18, 19, soit des richesses aréales de 150, 170, 180, 190 espèces par 10 000 km².

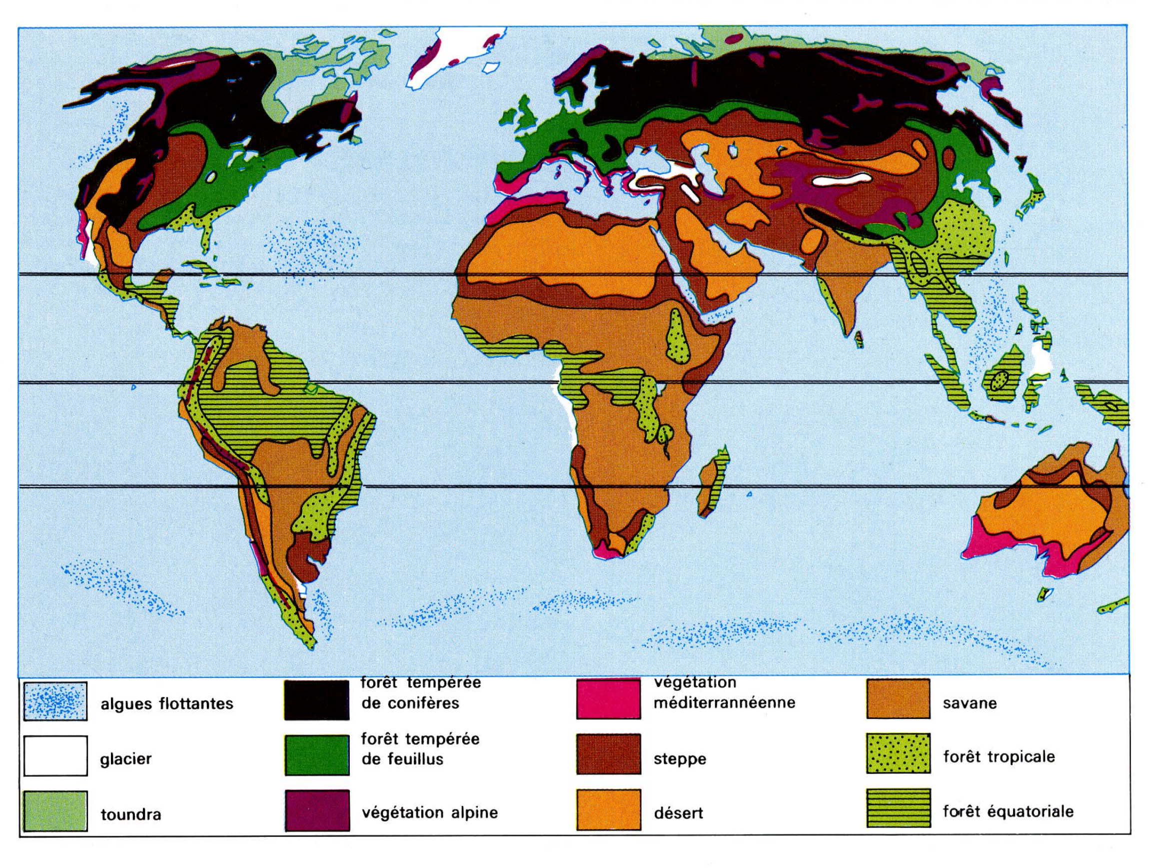
— On remarque aussi l'influence de la latitude (donc de la température) : la richesse aréale des *régions humides* augmente du pôle à l'équateur. Dans l'hémisphère boréal, on lit sur la carte ci-dessus : 34 au nord de la Scandinavie, 100 en Grande-Bretagne, 130 en France, 200 dans la péninsule Ibérique (la décroissance de la richesse aréale en Afrique provient de l'existence d'une grande zone de sécheresse). Sur le continent nord-américain, l'exemple est plus typique : la richesse aréale varie de 150 espèces par 10 000 km² (nord de l'Alaska) à 4 200 espèces par 10 000 km² (en Équateur).

— Influence du relief : la richesse aréale est plus grande dans les régions montagneuses (variété des conditions écologiques, zones de végétations étagées) et littorales. Les îles sont aussi riches et même parfois plus riches que les continents quand elles en sont proches; mais leur richesse aréale décroît quand elles s'en éloignent.

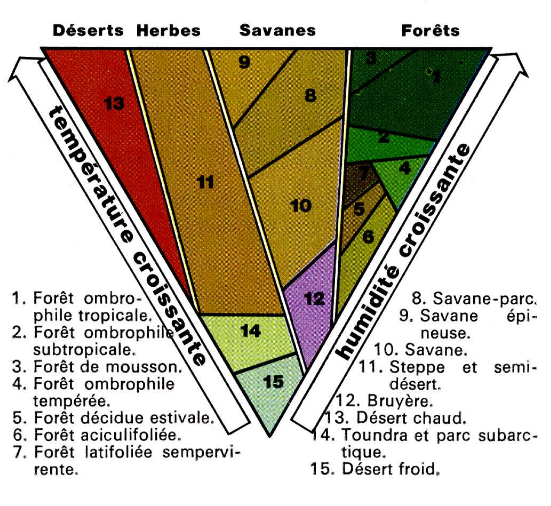
● *Il est intéressant d'étudier la proportion de Cryptogames vasculaires* (Fougères, etc.) dans les flores régionales. En effet, les spores de ces Végétaux sont de très petite dimension (moins de 0,1 mm) et aisément transportées par le vent. On constate — en vertu sans doute des lois des grands nombres — que la proportion de Cryptogames vasculaires est remarquablement constante sur de vastes étendues continentales dont les conditions climatiques sont relativement homogènes. Par ailleurs, cette proportion est plus élevée sur les îles (notamment les îles océaniques) que sur les continents, surtout lorsqu'elles sont éloignées des terres. Le tableau suivant donne un exemple de ces variations insulaires. Le pourcentage de Cryptogames vasculaires (Ptéridophytes) des Baléares (1,7 %) est à peine supérieur à celui de l'Espagne (1,4 %), alors que l'île isolée de l'Ascension en comporte 54 %.

Iles	% de Cryptogames vasculaires	% de Cryptogames vasculaires dans les terres continentales les plus voisines
Baléares	1,7	1,4 (Espagne)
Australie	2,4	—
Canaries	3,2	1,3 (Maroc)
Grande-Bretagne	4,4	3,3 (Nord de la France)
Madère	5,3	1,3 (Maroc)
Islande	5,4	3,7 (Norvège)
Falkland	6	3,8 (Terre de Feu)
Açores	7,3	1,4 (Portugal)
Madagascar	7,5	—
Nouvelle-Guinée	10	2,4 (Australie)
Nouvelle-Zélande	10	2,4 (Australie)
Nouvelle-Calédonie	12	2,4 (Australie)
Réunion	16	7,5 (Madagascar)
Fidji	21	2,4 (Australie)
Kerguelen	25	? (continent antarctique)
Tahiti	32	îles isolées dans l'océan.
Tristan da Cunha	50	
Ascension	54	

Variations insulaires de la proportion de Cryptogames vasculaires.



Les grandes zones de végétation dans le monde.



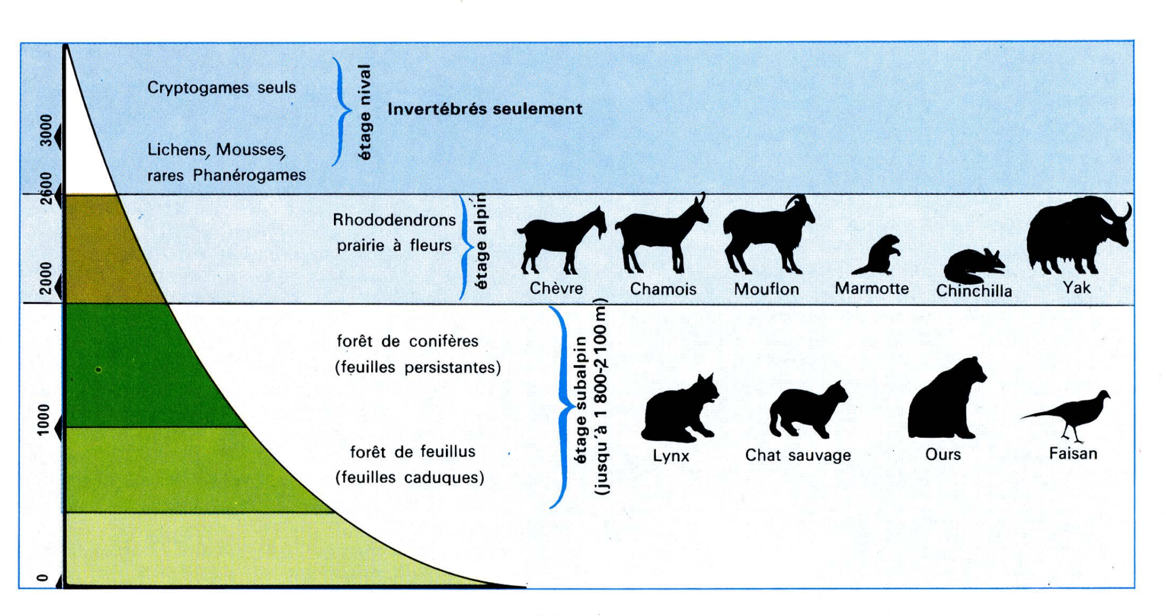
Le diagramme de Dansereau représentant les types de végétation du globe.

Les zones et les étages de vegetation.

● *Les zones de végétation* constituent des « bandes » continentales grossièrement parallèles à l'équateur; à l'échelle mondiale, elles sont influencées principalement par le climat. On distingue, de l'équateur vers les pôles, la zone équatoriale, la zone tropicale, la zone méditerranéenne, la zone tempérée, la zone des pays froids (Arctique, Antarctique). Elles sont représentées sur la carte ci-dessus.

On a proposé (Dansereau, 1951) le graphique ci-contre pour décrire la répartition de la végétation en fonction de la température et de l'humidité à la surface du globe.

● *Influence de l'altitude sur la végétation.* On appelle *étages de végétation* les différentes formations végétales que l'on rencontre au fur et à mesure que l'on s'élève en montagne. Il existe en effet des variations importantes climatiques, édaphiques et biotiques (flore et faune) selon l'altitude à laquelle on se trouve. Les étages de végétation sont indiqués sur le croquis schématique ci-dessous.



Croquis montrant, théoriquement, la succession des étages de végétation.

LES PROTOCARYOTES : ALGUES BLEUES ET BACTÉRIES

Nous avons vu précédemment (p. 3) que les êtres vivants se classaient en deux catégories :

— ceux dont les cellules sont imparfaites ou Protocaryotes ;

— ceux dont les cellules présentent tous les caractères décrits p. 5 : les Eucaryotes.

A la première catégorie appartiennent deux embranchements de Végétaux : les Algues bleues et les Bactéries.

L'EMBRANCHEMENT DES ALGUES BLEUES OU CYANOSCHIZOPHYTES OU CYANOPHYCÉES.

2 000 espèces
140 genres
20 familles
5 ordres

Généralités sur les Protocaryotes.

Pourquoi parle-t-on de « cellules imparfaites » ?

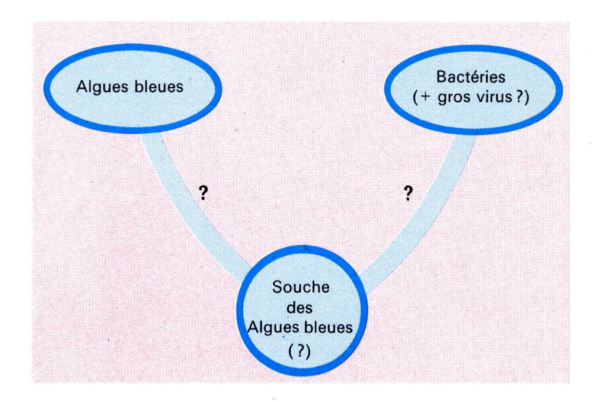
Les cellules des Algues bleues et des Bactéries présentent un ensemble de caractères qui les distinguent des cellules de tous les êtres vivants.

● *Le noyau.* Dans une cellule « parfaite », le noyau contient de la *chromatine,* substance dont on connaît la composition chimique et dont la présence est mise en évidence par un réactif spécial *(réactif de Feulgen).* Cette chromatine constitue lors de la division cellulaire des *chromosomes,* bien définis par leur nombre et par leur forme (voir p. 23) ; ces chromosomes se fissurent *(dédoublement des chromosomes)* avant de se répartir entre les deux noyaux fils (la division est appelée une *mitose,* de *mitos* = « filament »). Enfin, le noyau d'une telle cellule est enveloppé dans une membrane nucléaire qui le sépare du cytoplasme environnant.

Chez les Protocaryotes, il existe bien, dans la région centrale de la cellule, une substance sensible au réactif de Feulgen, c'est-à-dire de la chromatine, mais il n'y a ni chromosomes individualisés, ni membrane nucléaire, ni mitose. On ne peut donc pas parler, véritablement, d'un noyau.

● *Protoplasme.* Dans une cellule parfaite, il existe des *plastes* et des *mitochondries,* organites décrits p. 5. Ces éléments sont absents du protoplasme des cellules des Protocaryotes. Les substances habituellement contenues dans les plastes (comme la chlorophylle) sont ici noyées, sous forme de *granums* ou de *lamelles* microscopiques, dans le cytoplasme fondamental de la cellule, qui peut aussi contenir des enclaves variées (vacuoles, lipides, etc.).

On est donc en droit de parler de Protocaryotes (*protos* = « premier, primitif » ; *karuon* = « noyau ») à propos de ces êtres imparfaitement organisés ; on les appelle aussi des Schizophytes.



Les deux embranchements de Protocaryotes.

Classification des Schizophytes.

On a divisé les Schizophytes en deux grands embranchements (Algues bleues et Bactéries) caractérisés par les pigments qu'ils contiennent et par certains traits morphologiques. On suppose qu'ils dérivent tous deux d'une souche commune primitive : la souche des Algues bleues.

Voici leurs caractères comparés.

Algues bleues	Bactéries
Possèdent de la chlorophylle typique (chlorophylle *a*), et des biliprotéides bleus et rouges.	Pas de chlorophylle *a* ni de biliprotéides, mais existence parfois de chlorophylles spéciales qui n'existent pas chez les Algues bleues.
Cellules dépourvues de cils et de fouets.	Cellules souvent ciliées (cellules nageuses).
Pas de reproduction sexuée.	Existence d'un mode de reproduction comparable à la reproduction sexuée des Eucaryotes.

Caractères comparés des Algues bleues et des Bactéries.

Les deux ensembles sont reliés par des intermédiaires ; leur étude montre que l'embranchement des Algues bleues est le plus primitif et que les Bactéries semblent en être dérivées par une évolution (mal connue) qui leur aurait conféré une physiologie très spéciale et au terme de laquelle se trouvent peut-être les Virobactéries.

Les Protocaryotes sont-ils des Végétaux ?

On peut répondre par l'affirmative, car :

— leurs cellules possèdent une *paroi glucidique* (voir p. 2) ;

— ils sont incapables d'ingérer des aliments solides et doivent faire la synthèse de leurs matières nutritives, comme les Végétaux supérieurs.

Un problème se pose, cependant, à propos de la nature végétale des Bactéries : voir p. 42.

Le rôle des Protocaryotes dans la nature est *immense :* non seulement ils peuvent proliférer dans les milieux les plus divers, mais ils ont une activité biochimique extrêmement variée qui leur permet de modifier ces milieux et d'intervenir dans les grands cycles décrits pp. 17-20 : cycles de l'azote, du soufre, etc., de transformer les conditions édaphiques (voir p. 31), et même la nature des roches (action des Algues bleues).

La vie cellulaire des Algues bleues.

Généralités sur les Algues bleues.

● *Aspect.* Les Algues bleues, qu'on appelle aussi Cyanophycées ou Cyanoschizophytes (terme recommandé par la systématique), sont de petits organismes, souvent microscopiques, à aspect d'Algues, vivant dans les eaux douces, saumâtres ou salées, et dans les sols humides (c'est à elles que la vase des eaux douces doit son odeur caractéristique). On en connaît plus de 2 000 espèces appartenant à 20 familles. Les plus classiques, qu'on peut se procurer facilement, sont les suivantes :

— les *Nostocs* ou *Crachats de Lune,* petites lames gélatineuses boursouflées, sans forme déterminée, dont la teinte varie du brun au bleu vert et dont la taille peut atteindre quelques centimètres. On les trouve sur les sols humides, après la pluie ;

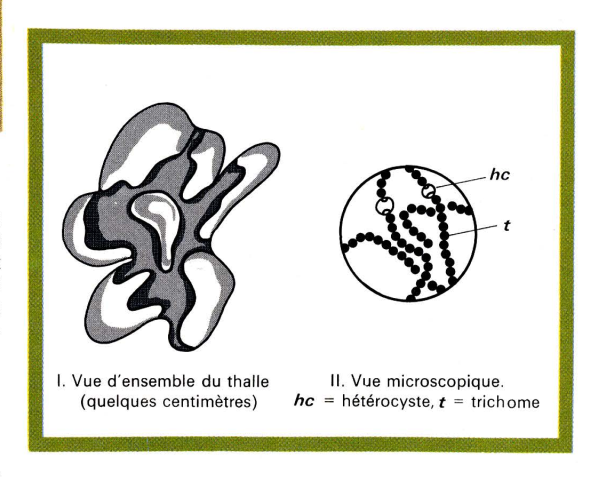
— les *Oscillaires* (genre *Oscillatoria*), formées de filaments cylindriques très allongés *(trichomes),* susceptibles de se déplacer sur le sol en rampant, de couleur bleu verdâtre ; ces Algues sont terrestres ou aquatiques ;

— les *Rivulaires* marines, qui ont l'aspect d'une petite masse gélatineuse vert bleu, pouvant atteindre 4 cm dans sa plus grande dimension ; au microscope, on aperçoit de nombreux trichomes effilés qui constituent l'organisme proprement dit.

● *Histoire.* Les Algues bleues ont une très grande ancienneté : on les retrouve à toutes les étapes géologiques où leur présence est signalée par l'existence de concrétions calcaires, œuvre des Algues bleues fossiles, appelées *stromatolithes.* Ces stromatolithes sont particulièrement abondantes dans les couches du *Précambrien* (2 750 millions d'années) qui fut « l'ère des Algues bleues ».

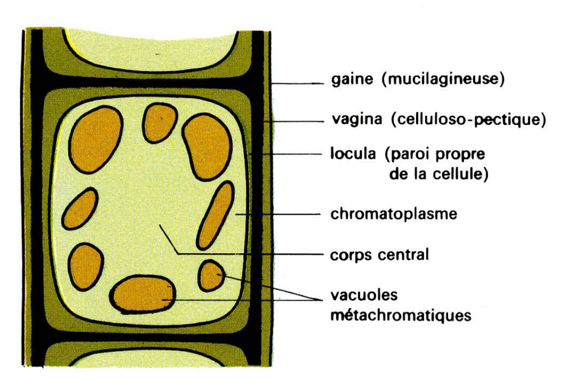
Cytologie.

Les Algues bleues comprennent des espèces unicellulaires et des espèces pluricellulaires. Si l'on observe au microscope un fragment de Nostoc, on aperçoit des filaments entremêlés dans une gelée fondamentale : ce sont les *trichomes,* faits d'une série de cellules semblables, arrondies, de contenu bleu vert, interrompue de temps à autre par des cellules plus grosses, jaunâtres, appelées *hétérocystes.*



Nostoc terrestre : I. Vue d'ensemble du thalle (quelques centimètres). — II. Vue microscopique : hc = hétérocyste ; t = trichome.

L'observation au microscope des cellules montre qu'elles comportent trois parties : une paroi, une zone composée d'un cytoplasme riche en pigments et en enclaves variées qu'on appelle le *chromatoplasme* et une zone centrale qui n'est pas un véritable noyau.



Cellule d'Algue bleue (schématique).

● *Les parois.* La *locula* est la paroi propre de la cellule ; elle est fragile et de nature chimique mal connue ; la *vagina* est de nature celluloso-pectique : elle existe chez les espèces filamenteuses, soit sous une forme continue, soit segmentée en anneaux successifs (un anneau par cellule) ; la gaine de mucilage qui recouvre le tout est présente chez presque toutes les espèces, c'est une sécrétion des cellules. Chez les espèces pluricellulaires, la cloison entre deux cellules est uniquement formée par les loculas ; elle comporte

souvent une perforation centrale ou une *synapse* mettant en communication deux cellules voisines.

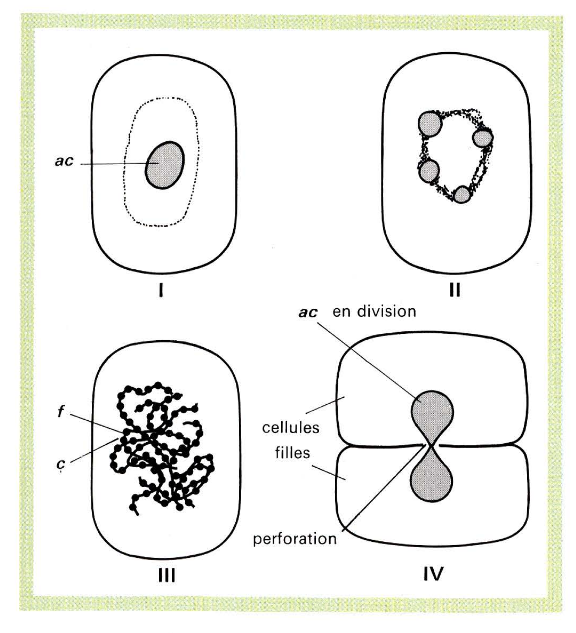
● *Le chromatoplasme.* C'est un mélange : 1° de cytoplasme fondamental (voir p. 5) où l'on peut voir des *vacuoles* qui fixent les colorants vitaux (rouge neutre, bleu de crésyle) : elles prennent une coloration différente de celle du colorant utilisé (d'où leur nom de *vacuoles métachromatiques*), sont petites, non turgescentes ; 2° de substances concentrées dans les plastes et les mitochondries (voir p. 6), qui sont :

— la chlorophylle *a* (verte) ;
— du β-carotène (rouge) et d'autres caroténoïdes : flavacine (jaune), myxoxanthophylle, lutéine ;
— deux pigments caractérisés par leur solubilité dans l'eau, assez proches de la chlorophylle, mais dont la molécule ne comprend ni magnésium ni aucun autre métal et qu'on appelle des *biliprotéides* (ou bilichromoprotéides) : une phycocyanine (bleue) et une phycoérythrine (rouge).

Ces pigments, dont les propriétés varient selon les espèces et les conditions de vie, donnent aux Cyanophycées une teinte résultante qui varie du rouge au vert, bleu et même au violet.

● *Le corps central.* Incolore, de formes très diverses (il peut être très ramifié), non séparé du chromatoplasme par une membrane, le corps central comprend : 1° du cytoplasme fondamental (avec, éventuellement, des vacuoles et du glycogène) ; 2° des substances analogues à celles qu'on trouve dans le noyau des Eucaryotes (par exemple dans le noyau des Algues vraies, étudiées p. 42), dont la principale est la *chromatine,* qui fixe les colorants basiques.

Cette chromatine est concentrée en une formation de dispositions diverses selon les espèces ; on parle donc d'un *appareil chromatinien* ou *chromatinome ;* il est l'ébauche, extrêmement fruste, de l'*appareil chromosomique* des Eucaryotes. On a figuré schématiquement sur la figure ci-dessous quelques dispositions de l'appareil chromatinien, d'après les travaux de Mlle D. Neugnot (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences,* Paris, 230, 1950).



Appareil chromatinien* (ac) *du corps central (schématique). I. Forme compacte. — II. Formes morcelées. — III. Formes filamenteuses : les granules ou chromatinosomes* (c) *sont reliés par un filament non chromatinien* (f). *— IV. Cellule en cours de division.

● *Division cellulaire.* Il n'y a pas de mitose, puisqu'il n'y a pas de chromosomes. L'appareil chromatinien se divise d'abord, puis une cloison apparaît qui finit par séparer les deux cellules filles ; il subsiste, dans cette cloison, une perforation ou une synapse (voir ci-dessus, les parois cellulaires).

● *Conclusion.* Les Algues bleues ne sont pas bleues (leurs teintes varient du rouge au violet) et ce ne sont pas de véritables Algues (elles ont un noyau imparfait ; les Algues vraies sont eucaryotes). Leur corps central est difficile à interpréter : c'est une sorte de noyau sans chromosomes, mais avec chromatine, dont la division est particulièrement primitive ; cela justifie le terme de Protocaryotes pour les désigner.

Appareil végétatif et principe de classification des Algues bleues.

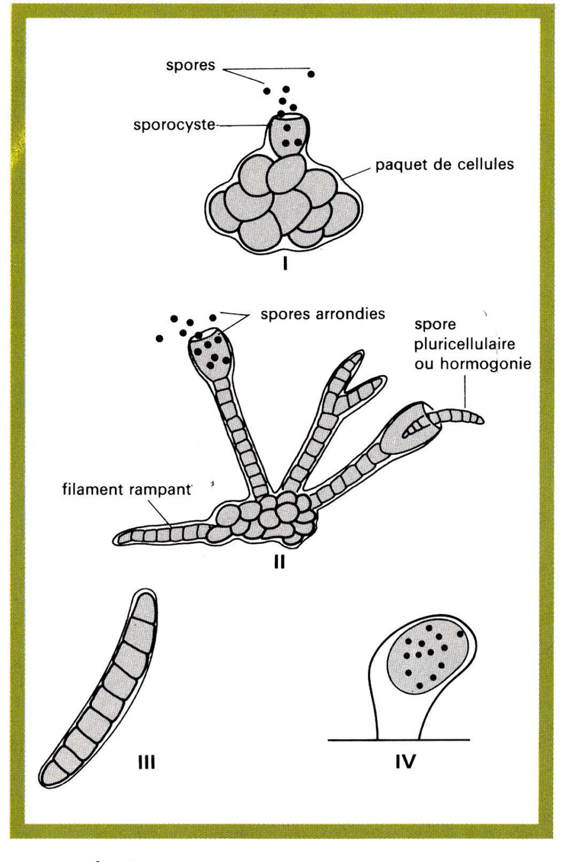
Le thalle.

L'appareil végétatif des Algues bleues comporte plusieurs stades évolutifs.

● *Initialement,* on est en présence d'un paquet amorphe de cellules, qui se multiplient par division (2, 4, 8, 16, 32, etc., cellules) ; ce thalle très primitif est appelé un *archéthalle* (Chadefaud). Certaines cellules peuvent se spécialiser et émettre des *spores* (qui donneront d'autres individus). Voir à ce sujet p. 25. Les cellules qui émettent des spores s'appellent des *sporocystes.*

● *On peut avoir ensuite* un système de filaments plus ou moins ramifiés, dont certaines cellules peuvent devenir, elles aussi, des sporocystes ; cet ensemble filamenteux est un *protothalle,* c'est-à-dire un thalle un peu moins primitif que l'archéthalle.

● *L'Algue finit par se réduire à un simple sporocyste* qui, après une durée plus ou moins longue, produit des spores. Ce sporocyste unique est un *thalle ;* on l'appelle thalle *coccoïde* ou *coccothalle* s'il a une forme ovoïde ou sphérique, et *trichome* s'il a un aspect filamenteux.



Évolution morphologique schématique d'une Algue bleue. I. Archéthalle. — II. Protothalle. — III. Thalle (trichome). — IV. Coccothalle.

Multiplication.

La multiplication des Algues bleues est asexuelle (voir p. 24).

● *Les spores globoïdes ou coccospores* émises par les sporocystes de l'archéthalle (stade I de la figure qui précède) ou de certaines parties du protothalle (II), peuvent germer et donner directement de nouveaux individus. Ce sont des cellules entourées d'une épaisse membrane qui les isole du milieu extérieur, contenant des réserves alimentaires en abondance et pauvres en pigments. Quand les conditions sont favorables, la membrane éclate et la spore, en se multipliant, donne un nouvel archéthalle.

● *Les spores pluricellulaires,* filamenteuses, fournies par certaines parties du protothalle (II), s'appellent des *hormogonies.* Elles sont mobiles (par reptation) et donnent, par multiplication végétative, un *trichome,* qui se multiplie lui-même en se fragmentant (voir p. 24).

Classification des Algues bleues.

(Voir aussi l'*Annexe systématique*).

L'embranchement des Algues bleues ou Cyanoschizophytes comprend 5 ordres caractérisés par l'aspect de l'appareil végétatif et par celui des spores. Le tableau ci-dessous décrit la classification de l'embranchement.

Appareil végétatif et spores		Ordres
1 archéthalle et des coccospores (spores arrondies).		CHROOCOCCALES
1 prothalle	*a*) Avec coccospores et sans hétérocystes.	PLEUROCAPSALES
	b) Avec hormogonies et souvent des hétérocystes.	STIGONÉMALES
1 thalle (sporocyste).	*a*) Coccothalle, sans hétérocystes.	CHAMÆSIPHONALES
	b) Trichome ; souvent des hétérocystes.	NOSTOCALES

Écologie des Algues bleues.

Les Algues bleues n'ont guère varié depuis près de trois milliards d'années ; elles sont capables de s'adapter à des milieux de vie très différents.

Espèces libres.

● *Espèces aquatiques.*

— On les rencontre dans les eaux douces, sur fond de vase (Oscillaires, par exemple), sur les roches humides, sur les dalles des torrents où elles forment des couvertures glissantes et gluantes.

— Elles sont abondantes dans les eaux de certaines sources thermales, même très chaudes : ainsi en France, à Barèges (Hautes-Pyrénées), elles forment, mélangées à des Bactéries sulfureuses, la *barégine.* Certaines espèces supportent des températures de 80 à 85 °C (record pour les êtres vivants, partagé avec les Bactéries sulfureuses).

— Dans les eaux salées ou saumâtres, certaines espèces végètent avec exubérance comme *Lyngbia æstuarii* qui vit aussi dans les eaux douces, ou *Microcoleus chtonoplastes* qui prolifère sur le fond des marais salants.

● *Espèces terrestres.* Elles ne vivent que sur un support humide. Les Nostocs (Crachats de Lune) s'installent sur des roches ou à la surface du sol où ils mènent une vie latente, prenant l'aspect d'une petite pellicule racornie. Dès qu'il pleut, leur mucilage se gonfle et leurs filaments reprennent vie (parfois après des dizaines d'années de mort apparente). Plusieurs espèces vivent sur les murs humides, sur les rochers ou sur les coquilles calcaires de certains Mollusques, associées à des Bactéries. Elles attaquent leur support, qu'elles perforent et finissent même par détruire (*Hyella, Chamæsiphonales*).

● *Les fleurs d'eau* sont des couches continues et gluantes d'Algues bleues qui se forment à la surface de certains lacs pendant la saison chaude. Les espèces qui les composent mènent une vie *planctonique* et sont très diverses. Les fleurs d'eau produisent des substances *antibiotiques,* c'est-à-dire qui interdisent toute vie autour d'elles ; elles éliminent donc une grande partie des espèces du plancton qui les environne. Elles sont aussi responsables de la *couleur* de certaines eaux douces : ainsi le Nil vert doit sa teinte aux fleurs d'eau formées par *Aphanizomenon kaufmanii,* et certaines zones de la mer Rouge ont une couleur franchement rougeâtre due à la présence d'*Oscillatoria erythræa.*

Espèces symbiotiques et parasites.

La *symbiose* est une association entre deux espèces d'êtres vivants différentes qui tirent des bénéfices réciproques de leur conjugaison biologique. On a décrit de nombreux cas de symbiose des Algues bleues avec des Algues vraies, des Champignons (la symbiose d'une Cyanophycée et d'un Champignon produit un Lichen, voir p. 60), des plantes vasculaires et des

Animaux (Amibes, Éponges marines, etc.) ; le genre *Cyanoderma* vit symbiotiquement dans les poils d'un Mammifère des forêts humides de l'Amérique du Sud : le Paresseux.

● *Le parasitisme* est une association qui diffère de la symbiose dans la mesure où l'une des deux espèces vit manifestement *aux dépens* de l'autre. C'est en particulier le cas des Cyanophycées filamenteuses de la famille des Oscillaspiracées (ordre des Nostocales), vivant dans le tube digestif de divers Vertébrés (Cobayes, Batraciens, certains Ruminants).

LES BACTÉRIES (EMBRANCHEMENT DES BACTÉRIOSCHIZOPHYTES).

● *Ce sont des Protocaryotes unicellulaires* (voir p. 40) caractérisées par :

— l'absence d'une chlorophylle type et de biliprotéides ;

— la présence de chlorophylles spéciales appelées bactériochlorophylles ;

— l'existence fréquente de cils ou fouets qui font des Bactéries des *cellules nageuses*.

On les classe en Hémibactéries (qui rappellent les Algues bleues), Eubactéries (Bactéries vraies) et Virobactéries (dont la nature exacte est mal connue).

● *Ces organismes très petits* (quelques microns, parfois une fraction de micron) prolifèrent aisément et colonisent les milieux les plus variés. Ainsi, en dépit de leur petite taille, les Bactéries jouent dans la nature un rôle de tout premier plan.

— Les Bactéries ferments produisent des *enzymes* qui leur permettent de provoquer de nombreuses fermentations, différentes selon les espèces bactériennes.

— Les Bactéries aérobies (« qui vivent dans l'air ») ont une action oxydante sur de nombreuses substances (transformation du vin en vinaigre, Bactéries intervenant dans les cycles du soufre, de l'azote, du fer, etc.).

— Les Bactéries anaérobies (qui ne peuvent vivre dans l'air, car elles sont tuées par l'oxygène), tirent toute leur énergie des fermentations qu'elles produisent.

— Les Bactéries pathogènes produisent des enzymes, des antigènes et des toxines qui, par leur présence dans le sang des Animaux qu'elles ont envahi, provoquent des maladies graves et parfois mortelles. Ce sont elles qui, avec d'autres petits organismes comme les Virus, certains Protozoaires, etc., sont appelées les « microbes », agents, notamment, des maladies humaines.

— Les Bactéries chromogènes produisent des pigments divers : ainsi le *Staphylocoque doré* colore le pus en jaune d'or.

● *En raison de leur importance fondamentale* dans le monde des êtres vivants, de leur nature spéciale, de leur très grande activité biochimique, les Bactéries forment l'objet d'une science à part, distincte de la botanique, la *bactériologie*. Elle a été fondée par Louis Pasteur (1822-1895) ; mais il faut signaler que les premières Bactéries ont été découvertes par Van Leeuwenhoek (1632-1723) qui a fait les premières communications sur leur existence et leurs formes entre 1674 et 1683.

● *Malgré d'indéniables points communs* avec les Végétaux (avec les Algues bleues), les Bactéries forment un monde différent du monde botanique, du moins au stade de nos connaissances actuelles :

— la méthode selon laquelle on définit les *espèces bactériennes* est différente de celle qui est utilisée pour la définition des espèces botaniques ;

— Il existe — ou semble exister — une *sexualité des Bactéries,* alors que les phénomènes sexuels sont absents à ce très bas niveau de l'évolution chez les Algues bleues.

C'est pourquoi M. Chadefaud a pu écrire (*Traité de botanique systématique*, tome I, *Les Végétaux non vasculaires,* Paris, Masson, 1960, p. 75) :

> *« Bien qu'apparentées aux Algues bleues, les Bactéries ont en effet des caractères si particuliers, exigeant pour leur étude des méthodes et des techniques si particulières, qu'on peut se demander si, utilisant les mêmes mots, les bactériologistes et les botanistes emploient en réalité le même langage, c'est-à-dire parlent des mêmes choses. »*

● *La biologie des Bactéries* relève de la biologie générale ; nous ne l'étudions donc pas. La systématique des Bactéries est cependant donnée dans l'*Annexe* au tableau n° 2.

LES ALGUES EUCARYOTES

Nous étudierons ici les Algues rouges, brunes et vertes, qui forment le groupe complexe des Algues vraies ou Phycophytes (en grec, le mot *phukos* désignait sans doute un Lichen et non pas une Algue ; on en a tiré le mot *Phycée,* synonyme savant d'*Algue*). La science des Algues s'appelle l'*algologie* (ou *phycologie*) ; elle remonte aux premières observations de Réaumur qui décrivit, en 1711, ce qu'il appelait les « graines » du *Fucus* (le *Fucus vésiculeux,* utilisé par les écailleurs pour orner les plats d'Huîtres), et a pris son essor dans la première moitié du XIX[e] siècle (découverte de la *fécondation* chez le *Fucus* par Thuret ; voir p. 25). L'intérêt de l'algologie est de mettre en évidence des phénomènes biologiques fondamentaux concernant en particulier les fonctions de reproduction et de permettre un certain nombre d'hypothèses sur l'évolution et l'origine des êtres vivants : nous verrons que le *règne animal,* auquel nous autres, Humains, appartenons, s'est peut-être développé à partir de certaines Algues.

Une étude systématique détaillée n'aurait pas sa place dans un tel ouvrage. Nous nous limiterons, ici, à étudier les caractères généraux des Algues et des divers embranchements qu'on y rencontre ; la systématique est donnée, avec quelques indications signalétiques, dans les tableaux 3, 4 et 5 de l'*Annexe*.



Laminaires* (Laminaria saccharina). *Un long thalle, ressemblant à un ruban dentelé, qui se fixe à son support, au niveau des très basses mers, par des crampons. Comparez à la photographie du Fucus vésiculeux p. 27.

GÉNÉRALITÉS.

Caractères généraux.

Définition.

Les Algues sont des Végétaux très divers par l'aspect extérieur, la structure intime, l'écologie. Certaines d'entre elles sont unicellulaires et n'ont qu'un ou deux microns de diamètre ; à l'autre bout de l'échelle, on rencontre des Algues géantes, comme *Macrocystis pyrifera,* sur les côtes du Pacifique et dans les mers du Sud, qui atteint 60 m de long.

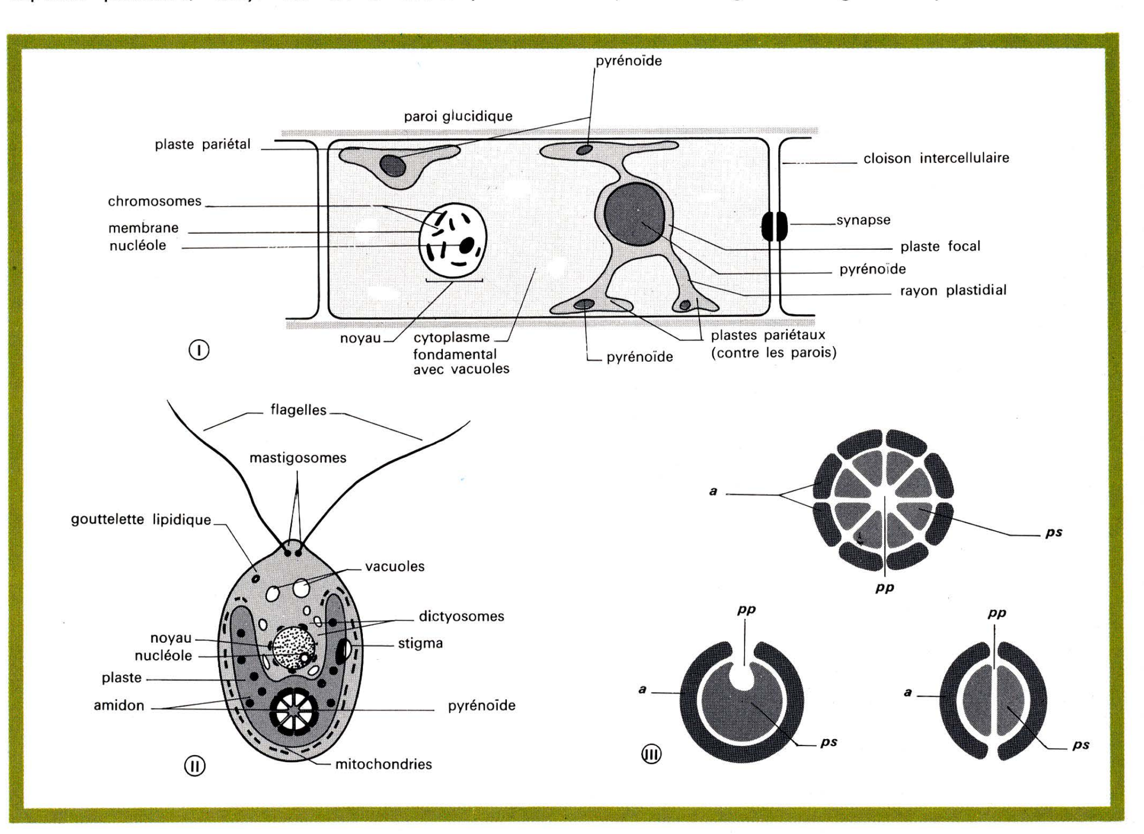
Abondantes dans les milieux aquatiques (Algues d'eau douce, Algues marines), elles se rencontrent cependant dans les milieux les plus divers (vie aérienne, espèces parasites, etc.). On en a décrit plus de 27 000 espèces, correspondant à environ 1 860 genres, et on a cru longtemps qu'elles étaient une simple classe des Thallophytes, à côté des Algues bleues (Cyanophycées), des Champignons et des Lichens : nous verrons en fait qu'elles forment un ensemble assez hétérogène de trois embranchements.

● *Les Algues présentent trois caractères essentiels :*

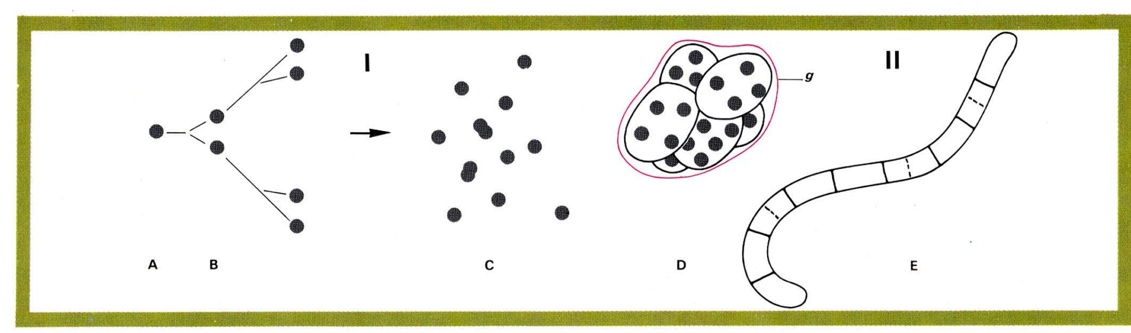
1. Ce sont des Eucaryotes (cellules à noyau vrai, pigments localisés dans des plastes individualisés), ce qui les distingue des Cyanophycées ou Algues bleues.

2. Leurs plastes contiennent de la *chlorophylle typique* associée à des pigments divers : ce sont donc des *Végétaux chlorophylliens,* capables de faire la *photosynthèse* de leurs glucides (voir p. 20), ce qui les distingue des Champignons, dépourvus de plastes et de chlorophylle.

3. Elles n'ont ni racine, ni tige, ni feuilles : leur appareil végétatif est donc un *thalle* et non un *cormus,* ce qui les distingue des Végétaux supérieurs.



Cytologie générale des Algues.
I. Cellule d'une Algue pluricellulaire : répartition schématique des divers éléments. — II. Cellule d'une Algue unicellulaire* (Chlamydomonas sp.), *d'après J. Feldmann. Remarquez la disposition des plastes contre les parois ou occupant le « pôle » de la cellule), l'importance de l'appareil plastidial et les formations caractéristiques appelées* pyrénoïdes *et* stigma *(voir texte). — III. Diverses formes de pyrénoïdes.



Divers types d'archéthalles (schématiques).
I. Archéthalle dissocié : la cellule mère (A) prolifère par division végétative (B). Les Algues unicellulaires vivent en colonies, formant un **archéthalle dissocié** ***(C). — II. Archéthalles massifs.*** **D :** ***type*** **palmelloïde** ***(des cellules en paquet, dans une enveloppe de gelée,) ;*** **E :** ***archéthalle filamenteux : les cellules sont disposées linéairement (chaque cellule est une Algue).***

● *Il faut cependant faire quelques restrictions* au sujet des deux derniers caractères, et c'est ce qui rend passionnante l'étude des Algues.

— Certaines Algues sont intermédiaires entre le règne animal et le règne végétal ; ainsi les Dinophycées, qui sont des Algues brunes, comprennent des espèces franchement animales, ressemblant à des Protozoaires flagellés : elles perdent alors leurs plastes chlorophylliens et sont capables de se nourrir par *phagocytose,* comme une Amibe (ingestion d'une proie solide, digérée ensuite dans des vacuoles digestives).

— Le caractère thallophytique n'est pas absolu : certaines Algues ont un appareil végétatif qui fait penser aux Mousses et aux Hépatiques (exemple : Algues vertes de la famille des Characées).

● *Enfin les Algues présentent un mode de reproduction sexuée* que ne possédaient ni les Cyanophycées ni les Bactéries.

Cytologie.

● *Si l'on examine au microscope* des fragments d'Algue (ou une goutte d'eau contenant des Algues unicellulaires), on constate l'existence de cellules végétales typiques, possédant tous les caractères décrits plus haut : les Algues — vertes, brunes ou rouges — sont des *Eucaryotes.* On observe donc dans leurs cellules :

— un vrai noyau, avec membrane cellulaire, un ou plusieurs nucléoles, des chromosomes (leur nombre peut varier de 8 à 400 selon les espèces ; pour le Fucus vésiculeux $2n = 64$), se divisant par *mitose typique ;*

— un cytoplasme à vacuoles, dans lequel sont bien isolés des *plastes* dont le nombre, la forme, la disposition varient selon les espèces, et des *mitochondries* granuleuses ou filamenteuses ; il peut y avoir aussi des inclusions diverses, des *corps de Golgi,* etc. ; les cellules des Algues, tout en possédant des caractères généraux communs à toutes les cellules végétales, présentent une variété immense de composition et de structure : on se sert de ces différences cytologiques pour la systématique du groupe ;

— une paroi de nature glucidique, caractéristique des Végétaux (elle peut manquer chez certaines Algues unicellulaires) ; dans certains groupes (sous-embranchement des Floridées), la cloison séparant deux cellules présente une perforation obturée par deux petits disques de composition chimique distincte de celle de la paroi et qui constitue une *synapse ;*

— certaines Algues unicellulaires comme *Chlamydomonas* (décrite p. 9) sont munies d'un appareil locomoteur (flagelles insérés sur deux organites appelés *mastigosomes*).

● *La partie plastidiale* des Algues mérite d'être examinée de plus près. Les plastes ont souvent la même structure que chez les plantes supérieures (voir p. 6) ; ils peuvent être composés de *grana* (empilement de saccules contenant les pigments), ou simplement de lamelles entassées les unes sur les autres. Les pigments qui y sont localisés ont été cités dans le tableau de la p. 18. Enfin les chloroplastes des Algues vertes élaborent des grains d'amidon (chez les Algues rouges et les Algues brunes, l'amidon est produit par synthèse *en dehors des plastes,* dans le cytoplasme fondamental ; ces grains ne sont pas colorables par l'iode comme l'amidon vrai et leur structure moléculaire en est différente : pour cette raison on parle de grains d'*amylon,* et non d'*amidon*). Enfin les plastes renferment souvent deux organites particuliers, le pyrénoïde et le stigma.

— Les pyrénoïdes (qui peuvent être gros et situés à un pôle de la cellule, comme chez *Chlamydomonas,* ou petits et contenus dans des plastes pariétaux) comprennent, en général, une petite masse centrale, globuleuse (substances protidiques enchâssées dans de la matière plastidiale indifférenciée), entourée de grains d'amidon. Ils peuvent prendre des formes très diverses et souvent, lorsque la cellule se divise, le pyrénoïde se divise lui aussi pour passer dans les plastes des cellules filles.

— Les cellules mobiles, comme *Chlamydomonas,* possèdent un organite original, le *stigma,* sensible à la lumière ; il est formé de petits grains ou bâtonnets de carotène, recouverts par une substance transparente qui joue le rôle d'une *lentille optique* (on peut parler d'un « œil végétal »).

● *Cette revue rapide* nous montre que les Algues sont bien des Végétaux chlorophylliens : la chlorophylle *a* qu'elles contiennent capte l'énergie lumineuse utilisée pour la synthèse des glucides à partir du gaz carbonique assimilé ; les autres pigments (carotènes, biliprotéides) captent aussi de l'énergie lumineuse qu'ils transfèrent à la chlorophylle *a.*

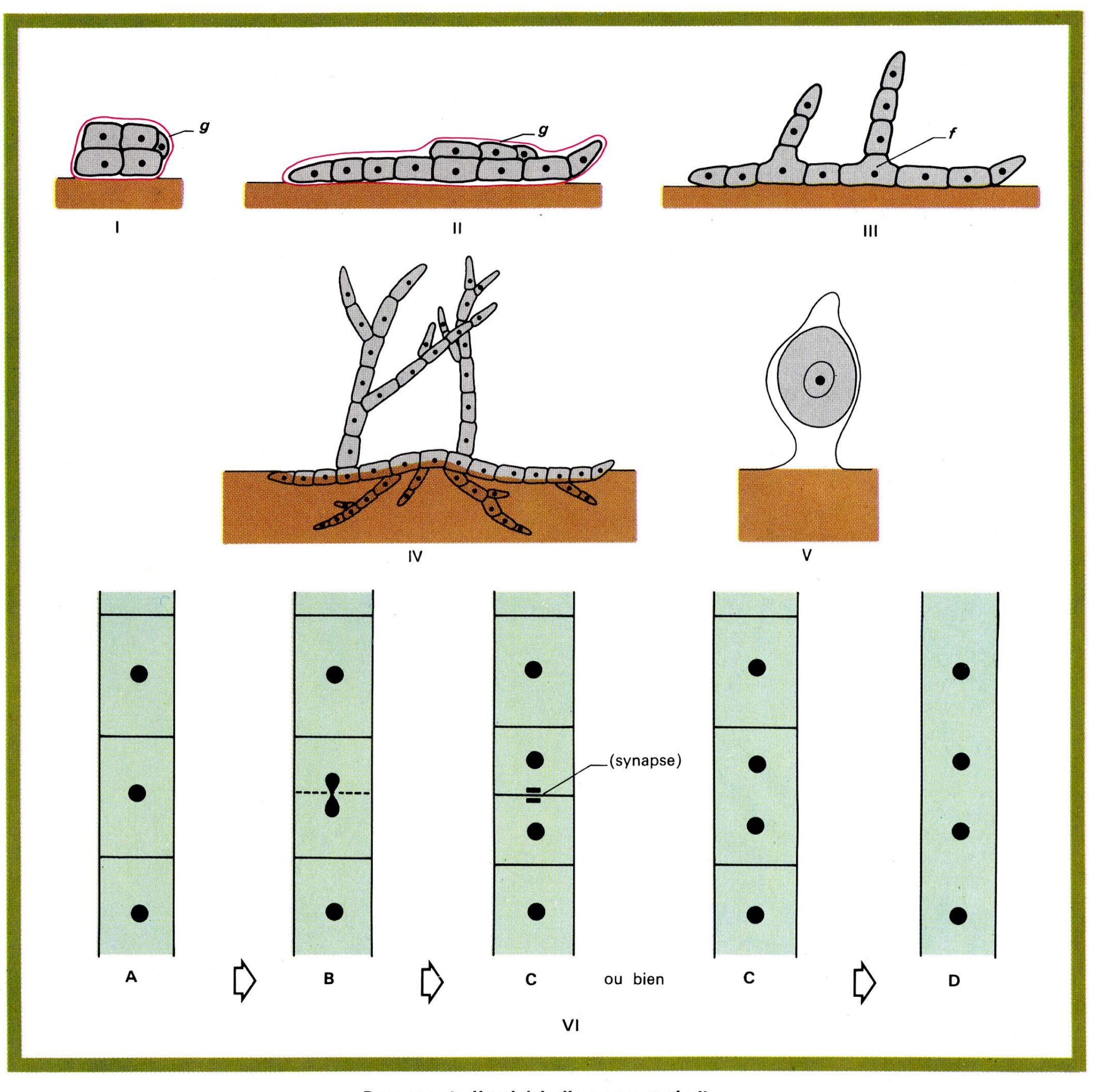
Puisque les Algues fabriquent elles-mêmes leurs aliments glucidiques, elles sont *autotrophes* (voir p. 20).

Appareil végétatif (morphologie des Algues).

Les Algues ne présentent ni racines ni tige ni feuilles véritables ; leur appareil végétatif est un simple *thalle* qu'on appelle — selon son degré d'évolution — un *archéthalle,* un *protothalle* ou un *thalle à cladomes.* Précisons dès maintenant que la classification des Algues ne repose pas sur leur morphologie externe, mais sur les caractéristiques de leurs cellules : on peut donc trouver, à l'intérieur d'un même groupe systématique, des thalles extrêmement différents, tandis que des espèces sans aucune parenté auront une apparence identique.

● *L'archéthalle.* C'est la forme végétative la plus simple, celle des Algues unicellulaires qui vivent en colonies. Chaque cellule, dont le diamètre est de l'ordre du micron, est à elle toute seule une Algue ; elle est susceptible de se multiplier par division végétative. Dans certains cas les Algues unicellulaires restent séparées les unes des autres *(archéthalle dissocié),* dans d'autres cas elles peuvent former des amas cellulaires, entourés d'une enveloppe de gelée. Quelques types d'archéthalles ont été indiqués sur la figure ci-dessous.

● *Le protothalle.* L'archéthalle peut se transformer en protothalle, c'est-à-dire en un thalle toujours rudimentaire, mais un peu moins primitif, selon divers processus illustrés schématiquement sur la figure ci-dessous.



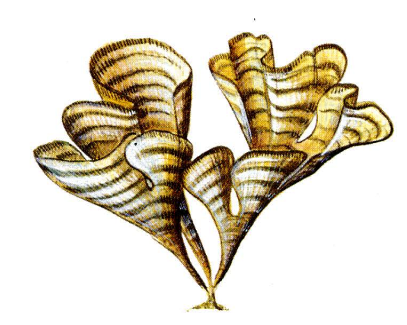
Passage de l'archéthalle au protothalle.
I. Archéthalle massif (g = gelée). — II. Formation de filaments rampants à partir de l'archéthalle. — III. Archéthalle filamenteux (f) donnant des filaments dressés. — IV. Protothalle complet, avec filaments rampants et filaments dressés, ramifiés : c'est un protothalle hétérotriche. — V. Protothalle unicellulaire, dressé, qui se transformera en sporocyste. — VI. Multiplication végétative (allongement des filaments), avec ou sans formation de cloisons entre les cellules filles.


Ulva lactuca :
Ulve laitue = Laitue de mer (6 cm)


Fucus vesiculosus :
Fucus vésiculeux (15 à 20 cm)


Valonia utricularis (5 cm)

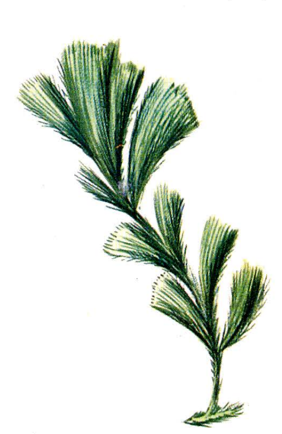

Cladophora pellucida (7 cm)


Padina pavonia


Enteromorpha compressa :
Entéromorphe (7 cm)


Cystoseira fibrosa (30 cm)


Agarum criblosum
(30 à 90 cm)


Halopteris scoparia
(7 à 10 cm)

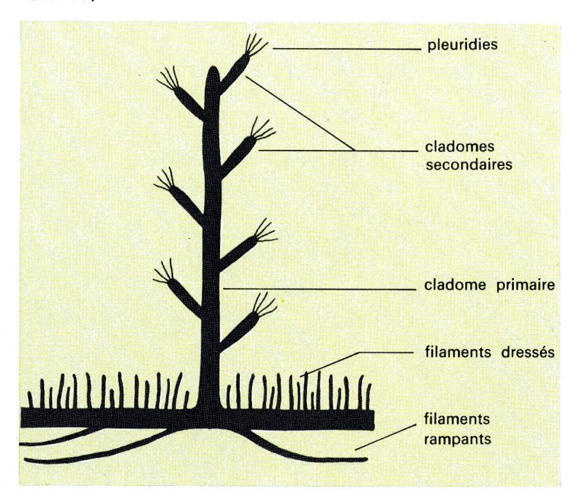

Sargassum serratifolium :
Sargasse (25 cm)


Bifurcaria tuberculata (20 cm)

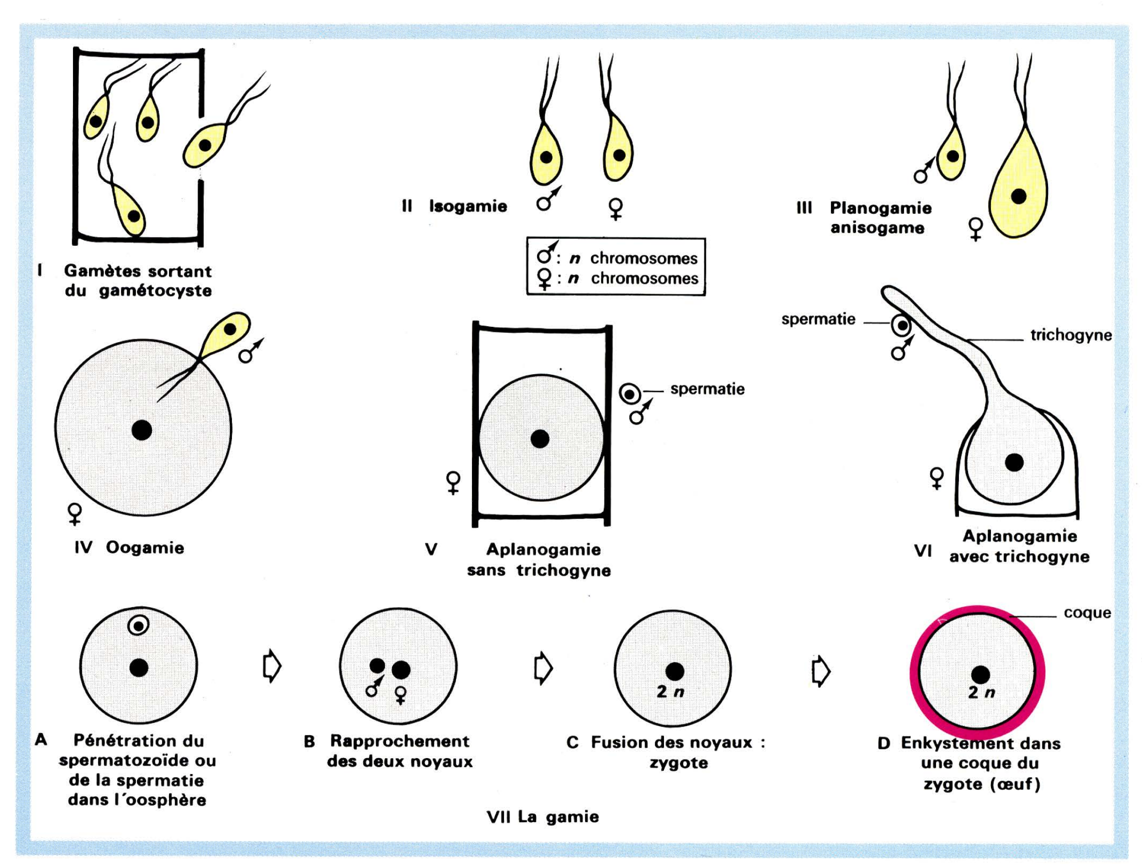

Caulerpa scapelliformis
Caulerpe (20 à 30 cm)

Le thalle ainsi obtenu comprend de nombreux filaments, plus ou moins ramifiés, qui prolifèrent par division végétative de leurs cellules (figure ci-dessus, VI). Les cellules qui se multiplient peuvent être uniquement celles de l'extrémité du filament (croissance apicale) ou toutes celles du filament. Lorsqu'il n'y a pas formation d'une cloison entre deux cellules filles, le filament est dit *siphoné* (VI, D).

● *Thalles à cladomes (= à frondes).* Ils naissent à partir d'un petit protothalle appelé *protonéma*. Sous leur forme complète, ils se présentent avec un filament dressé *(cladomes primaires)*, qui fait penser à une tige, portant des ramifications *(cladomes secondaires)* ou des petits filaments appelés pleuridies (pseudo-feuilles).



Thalle à cladomes.



Types de reproduction chez les Algues.

Reproduction des Algues Eucaryotes.

Divers types de reproduction.

Il nous suffit de résumer ici ce que nous avons expliqué p. 25.

● *Les Algues peuvent se reproduire d'une façon asexuée :* une cellule du thalle devient un *sporocyste* (producteur de spores) et les spores qui en sont issues donnent un nouveau thalle par multiplication végétative.

● *Les Algues possèdent aussi une reproduction sexuée typique.* Les spores se comportent alors comme des *gamètes :* les cellules dans lesquelles elles se forment sont des *gamétocystes.* Il peut y avoir, selon les espèces :

— Isogamie (gamètes mâles identiques d'aspect aux gamètes femelles) ;

— Anisogamie (gamète mâle différent du gamète femelle) ; selon la *mobilité relative* des gamètes, on distingue :
- *Planogamie :* les deux gamètes sont nageurs (petits gamètes mâles, gros gamète femelle).
- *Oogamie :* gros gamète femelle inerte (oosphère), engendré dans un *oocyste* (ou *oogone*) ; petit gamète mâle mobile ou *spermatozoïde* qui vient féconder l'oosphère.
- *Aplanogamie :* les deux gamètes sont inertes ; l'oocyste contenant l'oosphère capte le gamète mâle appelé dans ce cas *spermatie* et non plus spermatozoïde.

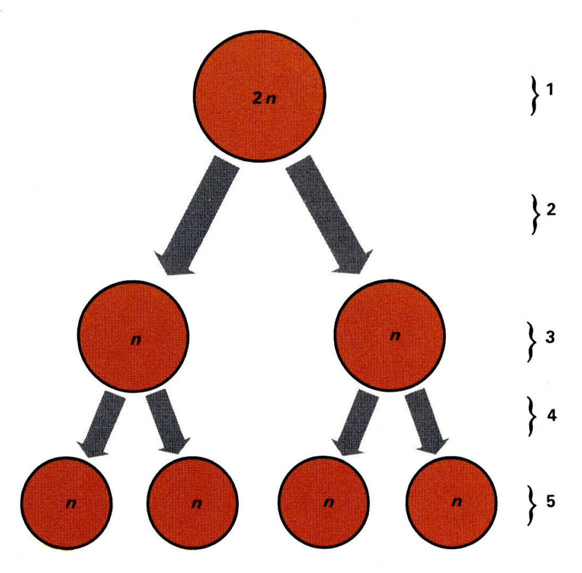
Le cas de l'*aplanogamie* (*a :* préfixe privatif ; *planein* = « errer » ; « union des gamètes qui ne bougent pas ») est intéressant. Les gamètes mâles, ou *spermaties,* sont véhiculés passivement par l'eau ambiante jusqu'aux gamètes femelles qui les captent soit directement, comme s'il s'agissait d'un spermatozoïde, soit par l'intermédiaire d'un petit filament appelé *trichogyne* (*trix* = « poil » ; *gunê* = « femelle » ; *trichogyne* = « poil porté par l'organe femelle »).

Dans tous les cas, l'union des gamètes (n chromosomes) donne un zygote ($2n$ chromosomes) qui peut soit germer immédiatement, soit subsister à l'état d'œuf enkysté dont la germination aura lieu après une période plus ou moins longue de vie ralentie. Enfin, il faut noter que certains gamètes femelles peuvent devenir un zygote sans avoir été fécondés : il y a alors *parthénogenèse* (*parthenos* = « vierge » ; parthénogenèse = « engendrement sans fécondation »).

Cycle évolutif.

(Voir aussi p. 25).

Rappelons schématiquement le phénomène de la réduction chromosomique ou *méiose* qui produit des cellules filles à n chromosomes à partir d'une cellule mère à $2n$ chromosomes.



La méiose (schématique). 1. Cellule mère. 2. Division hétérotypique (avec réduction chromosomique). 3. Repos (intercinèse). 4. Division homéotypique (équationnelle). 5. Résultats définitifs de la méiose : 4 cellules à n chromosomes (dont certaines peuvent dégénérer).

Nous avons déjà vu (p. 25) que les thalles des Algues sont, selon les cas, des individus à n chromosomes (*haplontes* ou individus haploïdes), ou des individus à $2n$ chromosomes (*diplontes* ou individus diploïdes). Les uns comme les autres peuvent produire des éléments reproducteurs qui sont soit des *spores,* soit des *gamètes.*

un *haplonte* peut fournir *(sans méiose)* :
- des spores à n chromosomes (dites *spores directes) ;*
- des gamètes ♂ ou ♀ à n chromosomes *(gamètes équationnels).*

un *diplonte* peut fournir :
- des spores à $2n$ chromosomes (dites *spores directes*) *sans* méiose ;
- des spores à n chromosomes (dites *spores de passage*) *avec* méiose ;
- des gamètes ♂ ou ♀ à n chromosomes *(gamètes réductionnels) avec* méiose.

Il y a donc quatre formes de reproduction possibles qu'on peut résumer comme suit, en posant :
H = Haplonte (individu à n chromosomes) ;
D = Diplonte (individu à $2n$ chromosomes) ;
s = Spores directes (n ou $2n$) ;
g_e = Gamètes équationnels (n) ;
s' = Spores de passage (n) ;
g_r = Gamètes réductionnels (n).

H (s) ⟶ H signifie : spores directes (s) de l'haplonte H donnent un autre haplonte H.

Avec ces conventions, on a les types suivants de reproduction :

reproduction s	H (s) ⟶ H D (s) ⟶ D
reproduction s'	D (s') ⟶ H
reproduction g_e	H (g_e) ⟶ D
reproduction g_r	D (g_r) ⟶ D

La combinaison de tous ces facteurs se traduit par divers cycles évolutifs ; une étude complète exigerait d'examiner toutes les combinaisons possibles, avec leurs complications, leurs simplifications ou leurs particularités. Il n'est pas question de l'envisager ici. Ce qu'il importe de savoir se résume à ceci :

— il existe plusieurs sortes de cycles évolutifs ;

— des espèces très voisines ont parfois des cycles très différents ;

— les cycles se traduisent, concrètement, par des différences de forme (morphologie) et de structure nucléaire (cytologie) d'une génération à une autre, mais ces deux catégories de différences ne sont pas nécessairement liées ; en outre, il peut y avoir différence cytologique et analogie morphologique ;

— les différences de cycles évolutifs sont loin d'être prépondérantes et n'interviennent pas pour classer les grandes catégories d'Algues (tout au moins au début de la systématique).

CYCLE ÉVOLUTIF DES ALGUES EUCARYOTES

Nous nous contenterons donc d'étudier quelques exemples de cycles, pour en faire comprendre le principe général.

● *Cycle de la Laitue de mer (Ulva lactua)*. C'est une Algue verte très commune sur les côtes de la Manche où elle forme des petites lames ondulées, d'une vingtaine de centimètres de haut, ressemblant très vaguement à une feuille de salade. Les principales étapes de sa vie reproductrice sont les suivantes (chaque numéro correspond à une nouvelle génération) :

1. Les gamétophytes (thalles porteurs de gamètes) { (haploïde) thalle ♂ de *Ulva lactua* ⟶ g_e ♂ ; (haploïde) thalle ♀ de *Ulva lactua* ⟶ g_e ♀ } zygote (diploïde)

2. Le zygote se fixe et se développe en un thalle de même forme et de même taille que les gamétophytes, mais dont les cellules contiennent $2n$ chromosomes. Ce diplonte, une fois parvenu à l'état adulte, produit, par méiose, des *spores de passage* à n chromosomes : c'est donc un *sporophyte* (plante porteuse de spores) ; il *ne fournit pas* de gamètes réductionnels.

3. Les spores à n chromosomes prolifèrent et donnent un nouveau gamétophyte, haplonte, et le cycle recommence.

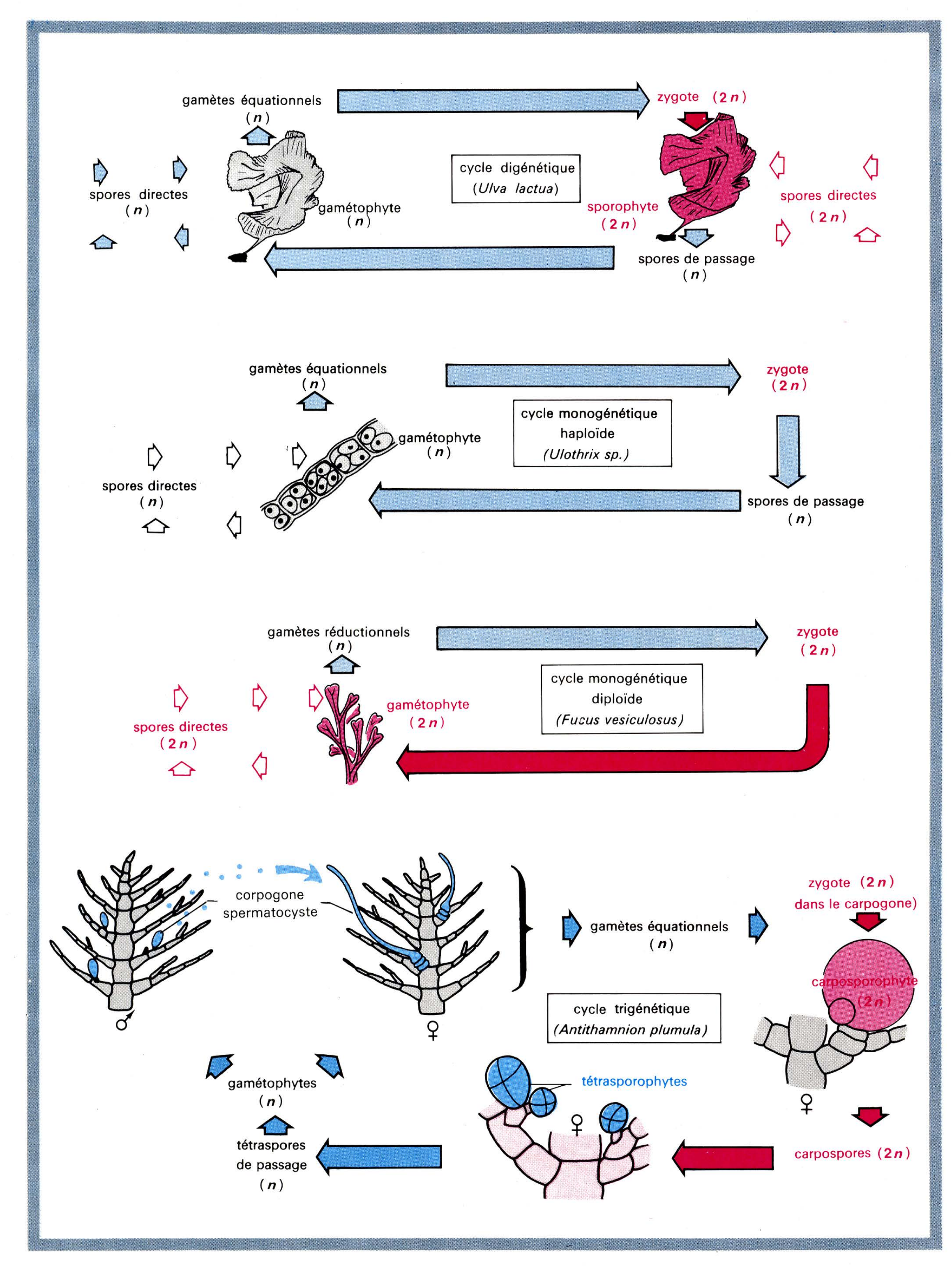
Autrement dit, nous assistons à une succession de générations :

— première génération : gamétophytes haploïdes donnant des gamètes ;

— deuxième génération : sporophytes diploïdes donnant des spores de passage ;

— troisième génération : gamétophytes haploïdes donnant des gamètes ; etc.

Cette alternance de gamétophytes et de sporophytes se désigne par l'expression : *cycle digénétique* (à deux générations) ; il est schématisé sur le schéma ci-contre.



Principaux types de cycles évolutifs chez les Algues.
Pour simplifier les schémas, on n'a pas figuré le double cycle du thalle mâle et du thalle femelle. En outre, on a figuré en rouge les phases à 2n chromosomes (diploïdes) et les diplontes, en bleu les phases à n chromosomes (haploïdes) et les haplontes.

● *Cycle d'Ulothrix*. Il a été décrit p. 25. Nous avons vu que le stade à $2n$ chromosomes était très bref ; les thalles qui se forment sont tous des gamétophytes haploïdes, puisque les zygotes ($2n$ chromosomes) produisent directement des spores de passage (n chromosomes). C'est donc un *cycle monogénétique* (une seule génération de thalles), et l'on peut préciser : *cycle monogénétique haploïde*, puisque les thalles sont des haplontes.

● *Cycle du Fucus vésiculeux*. Il a été lui aussi décrit p. 25. Ici les thalles produisant des gamètes sont des diplontes ($2n$ chromosomes) et les gamètes ont subi la méiose (g_r) ; le zygote engendre un nouveau gamétophyte diploïde : le stade végétatif haploïde n'existe pas : on a un *cycle monogénétique diploïde*.

● *Cycle d'Antithamnion plumula*. C'est une Algue rouge marine, fréquente sur les côtes françaises au printemps. Les gamétophytes mâles produisent des gamètes mâles inertes (donc des spermaties et non des spermatozoïdes) ; les gamètes produits par les thalles femelles sont des cellules immobiles produites chacune par un gamétocyste, le *carpogone*, qui fonctionne comme s'il était, tout entier, le gamète femelle (oosphère). A son sommet bourgeonne un long poil : le *trichogyne*.

1. Les gamétophytes (thalles porteurs de gamètes) { (haploïde) thalle ♂ de *A. plumula* ⟶ g_e ♂ ; (haploïde) thalle ♀ de *A. plumula* ⟶ g_e ♀ } zygote (diploïde)

2. Une spermatie est transportée passivement dans l'eau jusqu'au trichogyne du carpogone ; elle déverse son contenu dans celui-ci et le zygote ($2n$) se forme directement sur le gamétophyte femelle où il se développe en parasite, donnant un paquet plus ou moins sphérique de cellules à $2n$ chromosomes : le *carposporophyte* (sporophyte se développant sur le carpogone).

3. Les cellules du carposporophyte, libérées, sont des spores à $2n$ chromosomes (on les appelle les *carpospores*) ; elles prolifèrent et donnent une plante à $2n$ chromosomes : le *tétrasporophyte*. Celui-ci libère à son tour des spores qui ont subi la réduction chromosomique ; ce sont des *tétraspores* à n chromosomes (spores de passage) qui, en se développant, donnent de nouveaux gamétophytes, et le cycle recommence.

On a donc trois formes végétatives différentes : les gamétophytes à n chromosomes (première génération), les carposporophytes à $2n$ chromosomes (deuxième génération) et les tétrasporophytes à $2n$ chromosomes (troisième génération) : le cycle est dit trigénétique.

Origine du règne animal : systématique des Algues.

Origine du règne animal.

Il est possible que le règne animal dérive d'Algues vertes ou d'Algues brunes. Voici un exemple d'observations sur lesquelles on se fonde pour affirmer cette continuité.

Les Algues brunes de la classe des Dinophycinées comprennent tous les intermédiaires entre les Algues brunes végétales classiques (parois glucidiques, chlorophylle, photosynthèse) et de véritables Animaux (sans parois glucidiques, sans chlorophylle, capables d'ingérer directement des aliments solides par phagocytose). Considérons en effet la succession des espèces unicellulaires de Dinophycinées suivantes :

— *Ceratium hirundinella* (Algue d'eau douce) possède une tunique glucidique et de la chlorophylle ; mais elle est capable de capturer des proies (par exemple d'autres Algues microscopiques) à l'aide d'un réseau de *pseudopodes* (prolongements protoplasmiques) qui sortent de la cellule par les pores de la tunique celluloso-pectique.

— De nombreux genres (*Polykrikos, Amphidinium, Gymnodinium*) sont, eux aussi, des prédateurs (mangeurs de proies) et ne possèdent ni tunique glucidique, ni chlorophylle.

— Terminant l'évolution et se présentant comme de véritables *Protozoaires flagellés* : les Pouchétiidées (qui ont un « œil » et souvent un tentacule) ; les Noctiluques, qui émettent une lumière blanchâtre

lorsqu'ils sont bousculés par les vagues, provoquant la *phosphorescence de la mer*; les *Plectodinium*, munis d'un squelette siliceux, annoncent les Radiolaires.

Ces Algues sont donc de véritables Animaux; nous en rencontrerons d'autres au tableau n° 4 de l'*Annexe*.

Classification des Algues.

La détermination des trois grands embranchements d'Algues repose sur les caractères présentés par les cellules des espèces considérées. Les caractères extérieurs (reproduction, thalle, etc.) permettent de faire des coupures plus détaillées.

Couleur des plastes	Cellules nageuses (à flagelles)	Amidon et amylon cellulaire	Embranchement	Sous-embranchements	Étude de l'embranchement
Rouge ou bleu.	Absentes.	Pas d'amidon; amylon extérieur aux plastes (= *extra-plastidial*).	RHODOPHYCOPHYTES ou Algues rouges (= Rhodophycées).	1° Pas de trichogyne, pas de synapse intercellulaire : Protofloridées (2 ordres). 2° Trichogyne, synapses, cycle trigénétique (gamétophyte, carposporophyte, tétrasporophyte) : Floridées (8 ordres).	560 genres, 3 700 espèces presque toutes marines, vivant pour la plupart fixées aux rochers, aux coquilles des Mollusques, sur d'autres Algues; de préférence dans les endroits sombres ou en profondeur.
Brun (en général), parfois vert, plus rarement rouge ou bleu.	Présentes (en général).	Pas d'amidon; l'amylon extra-plastidial est inconstant.	CHROMOPHYCOPHYTES ou Algues brunes (= Chromophycées).	1° Possèdent de l'amylon; plastes encore parfois rouges ou bleus : — Propyrrophycées (2 classes). — Pyrrophycées (4 classes) : certaines d'entre elles sont peut-être à l'origine du règne animal. 2° Sans amylon; plastes généralement bruns : — Chrysophycées (5 classes dont celle des Diatomées). — Phéophycées (1 classe); ce sont les Algues brunes au sens strict, avec notamment *Fucus*, les *Laminaires*, etc.	950 genres, 16 000 espèces vivant dans la mer, les eaux douces ou sur le sol humide.
Vert.	Présentes (en général).	Amidon vrai (dans les plastes).	CHLOROPHYCOPHYTES ou Algues vertes (au sens strict).	1° Pas de cellules nageuses ni de spores directes; Zygophycées (3 ordres). 2° Des cellules nageuses à fouets semblables, de même longueur : Euchlorophycées (2 classes, 18 ordres). 3° Seules cellules nageuses : spermatozoïdes « en tire-bouchon »; thalles évolués à cladomes : Charophycées (6 genres en une seule famille).	350 genres, 8 000 espèces vivant dans les eaux douces ou saumâtres; elles présentent un remarquable degré d'évolution (cladomes, gamétanges, etc.). Apparentées aux plantes supérieures (chlorophylle *b* dans les plastes, amidon vrai, spermatozoïdes).

Les grandes divisions systématiques des Algues.



Une Algue rouge (Rhodophycophyte) : **Polysiphonia nigra** *(x 250).*

Cl. Prato/Bevilacqua.

LES EMBRANCHEMENTS D'ALGUES EUCARYOTES : OBSERVATIONS GÉNÉRALES.

Voir les détails de la systématique aux tableaux n°s 3, 4 et 5 de l'*Annexe*.

Les Algues rouges (Rhodophycophytes).

Les gamètes mâles sont des *spermaties* (non nageuses); l'oosphère est immobile dans un *carpogone* (cellule unique qui la contient). Les divisions de l'embranchement reposent sur la présence ou l'absence d'un *trichogyne* (voir ci-dessus, p. 45) pour capter les spermaties.

Sous-embranchement des Protofloridées (pas de trichogyne).

Environ 40 genres
2 ordres

Ces Algues, dont le cycle sexué est mal connu, se divisent en deux ordres : les *Bangiales*, à thalles très primitifs (protothalles ou même archéthalles) et les Compsopogonales qui possèdent des *cladomes* et des pleuridies (fausses feuilles). Voici quelques remarques sur ces deux groupes, probablement très différents.

Sous-embranchement des Protofloridées	Ordre des BANGIALES (Bangiées)	Famille des **Porphyridiacées :** structure fruste; pas de gamètes connus; appareil végétatif = archéthalle ou protothalle.
		Famille des **Bangiacées :** plus complexes; sporocystes produisant soit une seule spore, soit deux, soit quatre; spermaties et oosphères; protothalle dressé (filaments ou lames). Le genre *Porphyra* peut atteindre 40 cm (il a l'aspect d'une lame foliacée dressée).
	Ordre des COMPSOPOGONALES	Petit ordre réduit à un seul genre (*Compsopogon*); thalle à cladomes; pas de reproduction sexuée connue.

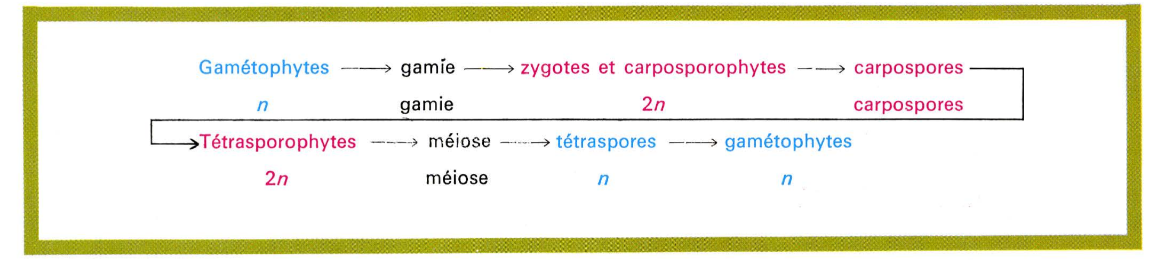
Sous-embranchement des Floridés (carpogone avec trichogyne).

Environ 520 genres
(presque tous marins)
8 ordres

Les sporocystes, produisant des spores directes (reproduction asexuée), n'existent que chez certaines espèces peu évoluées. La règle générale est ici la ***reproduction sexuée*** avec spermaties (gamètes mâles inertes) et oosphères incluses dans des carpogones à trichogyne. Comme on l'a vu p. 45, dans le cas particulier d'*Antithamnion plumula*, le cycle est trigénétique : le thalle, gamétophyte à *n* chromosomes (produisant les gamètes; première génération), a le même aspect extérieur que le sporophyte à 2*n* chromosomes (producteur de tétraspores; troisième génération); le *carposporophyte* (génération intermédiaire) est nettement différent et se développe à partir du carpogone fécondé. Les thalles gamétophytiques et sporophytiques sont en général très évolués : ils présentent un ensemble de *cladomes*, variables selon les espèces; quelques espèces font exception et ne possèdent qu'un prothalle plus ou moins rampant.

La classification des Floridées repose en particulier sur les caractères cellulaires des trois catégories de thalles qui apparaissent dans le cycle trigénétique : les gamétophytes, les carposporophytes et les tétraspor-

phytes. Le cycle fondamental, étudié p. 45, correspond aux états chromosomiques suivants :



Il n'en est pas de même pour toutes les espèces : les sporophytes peuvent être haploïdes (*n* chromosomes) ou même faire défaut. En se fondant sur ces différences, et aussi sur l'ensemble des autres caractères des sporophytes et des gamétophytes, on peut proposer l'arbre généalogique suivant pour les Floridées et, conséquemment, la division en ordres distincts :

Ordres des BONNEMAISONIALES et des CERAMIALES

Ordres des CHÆTANGIALES, GELIDIALES, GIGARTINALES, CRYPTONEMIALES, RHODYMÉNIALES

Ordre des NEMALIONALES

Floridées très évoluées.

Floridées moyennement évoluées

Floridées (Éofloridées) archaïques

Souche des Floridées

Souche des Protofloridées

SOUCHE DES ALGUES ROUGES

Arbre généalogique des Floridées.* *On a placé les différents groupes à des étages différents, selon leur degré d'évolution; les plus évolués étant les plus élevés.

Signalons que c'est d'une Floridée de l'ordre des Gélidiales, *Gelidium corneum*, qu'on extrait la gélose *(agar-agar)*, mucilage qui sert en bactériologie (préparation des milieux de culture) et dans l'industrie alimentaire (fabrication de *gelées*).

Les Algues brunes et leurs alliées (Chromophycophytes).

16 000 espèces
950 genres
12 classes
4 sous-embranchements

Évolution et classification.

La distinction des sous-embranchements et des classes repose sur la structure des cellules nageuses et la disposition de leur fouet, la présence ou l'absence d'amylon, la pigmentation des thalles et leur niveau d'évolution. On aboutit à l'arbre généalogique (hypothétique) donné au bas de cette page.

Quelques caractères intéressants des Algues brunes.

● *Le sous-embranchement des Propyrrophycées* est réduit à deux espèces, représentantes uniques, chacune, de leur classe ; elles sont les derniers témoins vivants, dans la nature, de la souche ancestrale des Algues brunes. Leur étude est donc du plus haut intérêt du point de vue de l'évolution.

● *Le sous-embranchement des Pyrrophycées* (2 000 espèces, 190 genres) est encore plus intéressant : un certain nombre d'entre elles ont perdu tous les caractères d'un Végétal traditionnel et conduisent directement à de véritables Animaux (Protozoaires, Radiolaires, Foraminifères, Sporozoaires. Ce sont :

— des espèces de la classe des Dinophycinées (ordre des Dinomonadales), auxquelles on doit rattacher les Protozoaires cités ci-dessus, les Protozoaires Dinoflagellés et les Protozoaires blastodiniens ;

— des espèces de la classe des Raphidophycinées, desquelles on doit rapprocher le groupe des Protozoaires Raphidoflagellés ;

— des espèces de la classe des Euglénophycinées, auxquelles se rattache le groupe des Protozoaires Euglénoflagellés.

● *Le sous-embranchement des Chrysophycées* (14 000 espèces, 800 genres) est assez proche des Pyrrophycées et dérive sans doute de la même souche ancestrale. Ici aussi on aperçoit la continuité entre le règne animal et le règne végétal (Protozoaires flagellés). Mais il y a plus : les Algues de la classe des Craspédophycinées (appelées aussi Craspédomonadines) ont des cellules qui ressemblent étroitement à celles des Éponges (cellules flagellées à collerette) ; c'est donc parmi elles qu'il faut chercher les ancêtres des Animaux pluricellulaires (les *Métazoaires*), à la catégorie desquels nous appartenons.

D'autre part, ce sous-embranchement contient en particulier la classe des Diatomées dont on trouve de nombreuses espèces fossiles dans les sédiments marins ou lacustres et les roches qui en dérivent (*diatomites*). Cela nous conduit à faire deux observations utilitaires :

— pour stabiliser la *dynamite*, l'explosif bien connu, on lui incorpore des sables siliceux très fins qui sont des diatomites : le *tripoli*, le *kieselguhr ;*

— les meilleurs vins de Jerez (xérès) se font à partir de raisins récoltés sur des marnes riches en Diatomées fossiles.

● *Le sous-embranchement des Phéophycées* (2 000 espèces, 260 genres) possède une systématique incertaine (12 ordres, 30 familles). On rencontre parmi elles les *Laminaires*, Algues susceptibles de se gonfler considérablement par imbibition d'eau, propriété qui est utilisée parfois en gynécologie pour obtenir une dilatation progressive et artificielle du col utérin, et les *Fucus* dont l'importance historique est bien connue (travaux de Thuret).

Les Algues vertes (Chlorophycophytes).

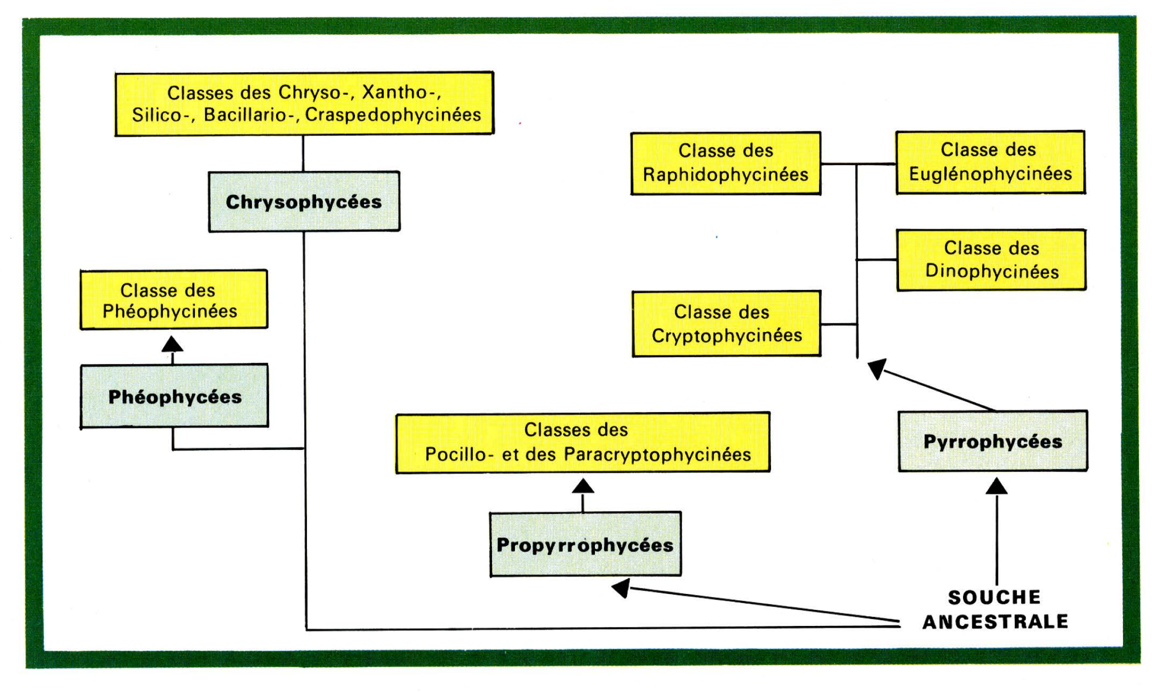
8 000 espèces
350 genres
21 ordres (pour les deux premiers sous-embranchements)
1 famille (pour le 3ᵉ sous-embranchement)

La distinction des sous-embranchements est fondée sur la présence et la structure des cellules nageuses.

● *Le sous-embranchement des Zygophycées* (4 000 espèces, 40 genres) comprend trois ordres : les *Mésoténiales*, les *Zygonémiales* et les *Desmidiales* (ce dernier, le plus évolué, est le plus important). Toutes les Zygophycées sont *cystogames*, c'est-à-dire qu'il y a conjugaison directe entre la cellule qui contient l'oosphère et celle qui contient les gamètes mâles (spermaties sans flagelles).

● *Le sous-embranchement des Euchlorophycées* (4 000 espèces, 310 genres, 2 classes et 18 ordres) est composé d'Algues à cellules nageuses, mais qui diffèrent de celles des *Chromophycées* par leurs flagelles exactement semblables (= *cellules isokontes*) et leur structure intime. Le thalle de certaines présente une structure particulière : le *siphon*, c'est-à-dire un filament à plusieurs noyaux sans cloisons intercellulaires, structure très fréquente chez les Champignons.

● *Le sous-embranchement des Charophycées* (6 genres) comprend des Algues vertes possédant un thalle à cladomes (donc très évoluées), des *gamétanges* et non des *gamétocystes* (voir la différence au chapitre concernant la reproduction des Végétaux) et des caractères qui les rapprochent des Mousses et des Hépatiques, c'est-à-dire des plantes à *cormus* très inférieures. Le zygote des Charophycées se transforme en une sorte de « graine », avec une coque de protection entourant l'œuf, bourré de matières de réserves.



Arbre généalogique présumé des Algues brunes.



Parmelia saxatilis :
Parmélie des rochers
(Lichen)

Heterosiphonia japonica (20 cm)

Porphyra umbilicalis (5 à 10 cm)

Chondrus crispus (10 cm)

Evernia prunastri :
Evernie du Prunellier
(Lichen)

Delesseria sanguinea (10 à 20 cm)

Xanthoria parietina :
Xanthorie des murailles
(Lichen)

Sacchorhiza bulbosa (1,50 m à 2 m)

Alaria crassifolia (0,50 à 1,50 m)

Usnea barbata :
Usnée barbue
(Lichen)

Rhodymenia pertusa (10 à 60 cm)



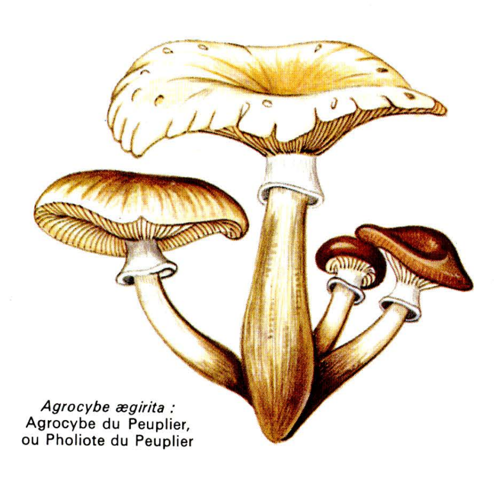
Lactarius torminosus :
Lactaire à toison, ou à coliques,
ou « Agaric » meurtrier



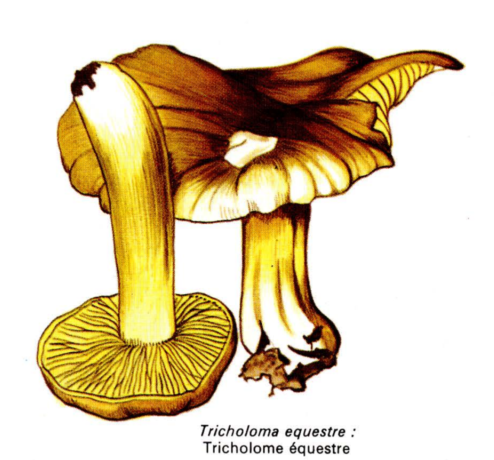
Clitocybe olearia :
Clitocybe de l'Olivier,
ou Pleurote de l'Olivier
(vénéneux)



Coprinus comatus :
Coprin chevelu,
ou Goutte d'encre



Agrocybe ægirita :
Agrocybe du Peuplier,
ou Pholiote du Peuplier

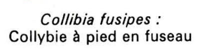


Tricholoma equestre :
Tricholome équestre

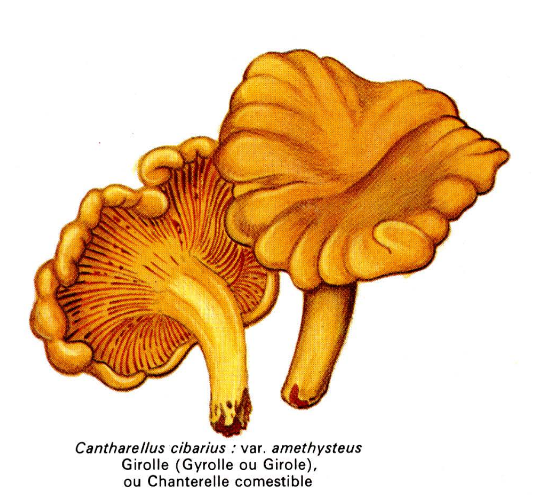


Rhodophyllus lividus :
Entolome livide,
ou Rhodophylle livide
(vénéneux)

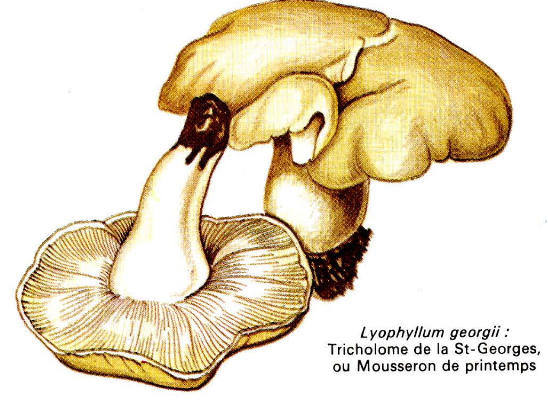




Collibia fusipes :
Collybie à pied en fuseau



Cantharellus cibarius : var. *amethysteus*
Girolle (Gyrolle ou Girole),
ou Chanterelle comestible



Lyophyllum georgii :
Tricholome de la St-Georges,
ou Mousseron de printemps



Rhodophyllus nudus :
Tricholome nu, ou Rhodopaxille nu,
ou Pied-bleu



Lactarius deliciosus :
Lactaire délicieux



Cantharellus cornucopioides :
Trompette de la mort, ou Craterelle,
ou Chanterelle corne d'abondance

LES CHAMPIGNONS ET LES LICHENS

GÉNÉRALITÉS SUR LES CHAMPIGNONS.

La mycologie.

« Champignon » se dit en grec *mukês ;* c'est pourquoi ces Végétaux sont aussi appelés, dans le langage savant, « Mycètes » ou « Mycophytes » (*phyte* est le radical qui signifie « plante »). Le mot latin pour les désigner est *Fungus,* d'où l'adjectif « fongique » (= relatif aux Champignons) souvent employé par les botanistes.

La science des Champignons est la *mycologie.* Elle a débuté avec les descriptions (très limitées) de Césalpin (1583), John Ray (1686), Tournefort (1694), Dillenius (1718) et la découverte, en 1729, par le Florentin Micheli, des *spores* de certains Champignons qu'il vit germer (au microscope). Mais le véritable essor de cette science, comme celui de l'Algologie, remonte à la fin du XVIII[e] et au début du XIX[e] siècle. L'histoire de la mycologie est marquée par quelques grandes étapes qu'il est intéressant de rappeler : le lecteur aura ainsi un exemple caractéristique du difficile cheminement de la pensée botanique.

Dates	Événements
1780	*Herbier de la France,* par P. Bulliard (1752-1793).
1791-92	*Histoire des Champignons de la France,* par le même : description très précise d'un grand nombre d'espèces.
1788	Découverte des *asques* dans lesquels se forment les spores des Pezizes, par J. Hedwig.
1801	*Synopsis* du Hollandais C.H. Persoon (1755-1837) qui a défini 71 genres de Champignons et a reconnu que ce qu'on appelle vulgairement « un Champignon » n'est autre qu'une *fructification.* Il a aussi ouvert la voie à la systématique.
1805	L'Autrichien Trattinick découvre que cette fructification est produite par un ensemble de filaments diffus : le *mycélium,* appareil végétatif des Champignons.
1816	Les vésicules dans lesquelles se forment les spores de certains Champignons (les Mucorinées) sont nommées *cystes* par Nees von Esenbeck.
1831-1832	*Systema mycologicum* du Suédois E. Fries (1794-1878), créateur d'une systématique claire et commode (mais artificielle).
1837	Léveillé montre que les spores ne sont pas toutes engendrées dans des asques (comme on le croyait à la suite de Hedwig en 1788) mais aussi dans d'autres éléments (qu'il nomme *basides*).
1863-1865	Travaux de l'Allemand de Bary (mycologie expérimentale et théorique) qui réalisa des cultures de Champignons mycologiquement pures (c'est-à-dire ne contenant qu'une seule espèce de Champignon, méthode que devait reprendre Pasteur pour l'étude des Bactéries).
1850-1910	Travaux des frères Tulasne, de E. Boudier, de Vuillemin, etc., mettant en évidence notamment divers aspects des basides, précisant les groupes naturels et la systématique.
Fin XIX[e]-déb. XX[e] s.	Travaux de Harper, P. A. Dangeard, Claussen sur la reproduction sexuée chez les Champignons, qui avait déjà été décrite — sans être comprise — par Ehrenberg, en 1820, sur une moisissure : *Sporodinia grandis.*
Époque contemporaine	Taxonomie (Bessey, États-Unis), biologie des Champignons (le Britannique A.H.R. Buller, le Français Marius Chadefaud, etc.).

Signalons enfin l'important Atlas de Champignons intitulé *Sylloge Fungorium,* de l'Italien Saccardo (25 volumes, Padoue, 1881-1931) qui décrit toutes les espèces étudiées à cette date.

On connaît des centaines de milliers d'espèces de Champignons et leur systématique est un problème délicat. Comme pour les Algues, nous limiterons notre exposé à l'étude des caractères généraux du groupe et à quelques observations fondamentales sur les grands embranchements.

Caractères généraux.

Qu'est-ce qu'un Champignon ?

Le langage courant nomme « Champignons » ces êtres à l'aspect caractéristique, avec un *pied* et un *chapeau* plus ou moins bien dessinés, qu'on accommode, en gastronomie, en des préparations diverses et succulentes : Girolle, Morille, Champignon dit « de Paris », etc. En fait ces formations — qui du reste ne sont pas constantes — ne sont pas véritablement des Champignons, mais des *fructifications* à partir d'un appareil végétatif typique constituant le *thalle* du Champignon et qu'on appelle le *mycélium.* Ainsi, si on déterre un petit Champignon de couche, on constate qu'il a « poussé » sur un enchevêtrement de petits filaments ténus, communément appelés « blanc de Champignon » dont l'ensemble forme le mycélium. L'observation de ces filaments au microscope va nous permettre de situer les Champignons dans l'échelle des êtres vivants.



Cl. Vallin.

Un Agaric : il vient d'être déterré et l'on aperçoit nettement les filaments constituant le blanc de Champignon.

● *Les cellules qui les constituent* ont des noyaux parfaits (membrane nucléaire, chromosomes, nucléoles) qui se divisent par mitose typique (voir p. 23) ; elles possèdent des mitochondries et, dans certains cas, des plastes : les Champignons sont donc des *Eucaryotes,* comme les Algues, les Végétaux supérieurs et les Animaux.

● *Ces cellules* présentent des caractères typiquement végétaux (voir p. 2) : parois glucidiques, vacuoles turgescentes, pas d'ingestion d'aliments solides (avec quelques exceptions pour des Champignons intermédiaires entre les Végétaux et les Animaux).

● *Parmi les Végétaux,* les Champignons forment un groupe à part :

— ils se distinguent des Végétaux supérieurs par l'absence de racines, de tige, de feuilles, etc. ; ce sont donc des *Thallophytes ;*

— ils se distinguent des autres Thallophytes (Algues) par leur *absence de chlorophylle :* les Champignons sont incapables de faire la synthèse des glucides et ils ont besoin, pour vivre, d'absorber des *aliments organiques.* On dit qu'ils sont *hétérotrophes* (*heteros* = « autre » ; *trophein* = « se nourrir » ; « êtres qui se nourrissent d'éléments produits par d'autres organismes »). Cela nous conduit à la définition générale suivante : les Champignons sont des Végétaux thallophytes, Eucaryotes, non chlorophylliens.

Les grands groupes de Champignons.

Les mycologues, jusqu'à une date récente, considéraient que tous les Champignons étaient apparentés entre eux, c'est-à-dire formaient une grande unité systématique, un seul embranchement. Actuellement, on a tendance au contraire à y distinguer — comme on l'a fait pour les Algues — des groupes à évolution indépendante. D'où la définition de quatre embranchements de Champignons.

1. Les Ascomycètes, qui se reproduisent par des spores formées dans des cellules spéciales : les *asques,* logés généralement dans un *fruit à asques* (exemples : Pezizes, Truffes, Morilles, etc.).

2. Les Basidiomycètes, dont les spores sont produites par *bourgeonnement* à partir de cellules appelées *basides* (exemples : Bolets, Agarics, etc.).

3. Les Zygomycètes, qui se reproduisent à l'aide de spores résultant de l'union *(zugos)* de deux organes sexuels : les *gamétocystes* (exemple : Moisissures).

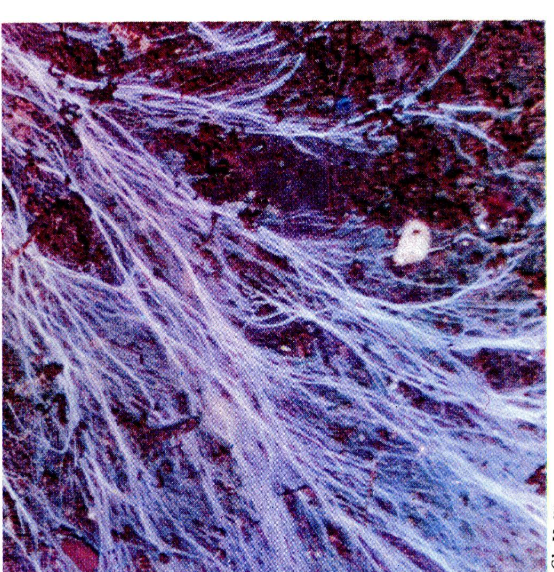
4. Les Phycomycètes et des groupes qui leur sont rattachés (Myxomycètes, Trichomycètes). Ils possèdent des cellules nageuses pourvues de deux fouets dissemblables (ces cellules sont appelées, d'une manière très générale, des *zoïdes,* c'est-à-dire des êtres ressemblant à de petits Animaux par leur motilité).

● *Remarque sur le vocabulaire.* Le lecteur ne doit pas être arrêté par ces termes d'apparence rébarbative. Les préfixes *asco-, basidio-, zygo-, phyco-, zoo-,* sont employés couramment devant des radicaux comme *spore* (*sporos* = « semence »), ou *carpe* (« fruit »). Les Champignons à asques, ou Ascomycètes, produisent donc des *ascospores,* les Champignons à basides des *basidiospores,* etc. ; leurs fructifications s'appellent *ascocarpe, basidiocarpe,* etc.

Caractères des thalles.

● *Le thalle des Champignons* est essentiellement constitué par le mycélium, c'est-à-dire par des filaments enchevêtrés, extrêmement fins, très ramifiés. A l'origine, il semble que le thalle des Champignons soit un *protothalle* (ou *thalle à cladomes,* comme chez les Floridées ; on rappelle que les cladomes sont un ensemble de petits axes qui poussent dressés ou obliques et qui font ressembler l'appareil végétatif de certains Thallophytes à celui d'une plante supérieure, les *cladomes* et les *pleuridies* ayant un aspect de tiges et de feuilles ; voir p. 9) ; ce stade s'observe chez certains Phycomycètes et chez des Ascomycètes. Chez les autres Champignons, les filaments du mycélium peuvent être :

— soit composés d'éléments à un ou plusieurs

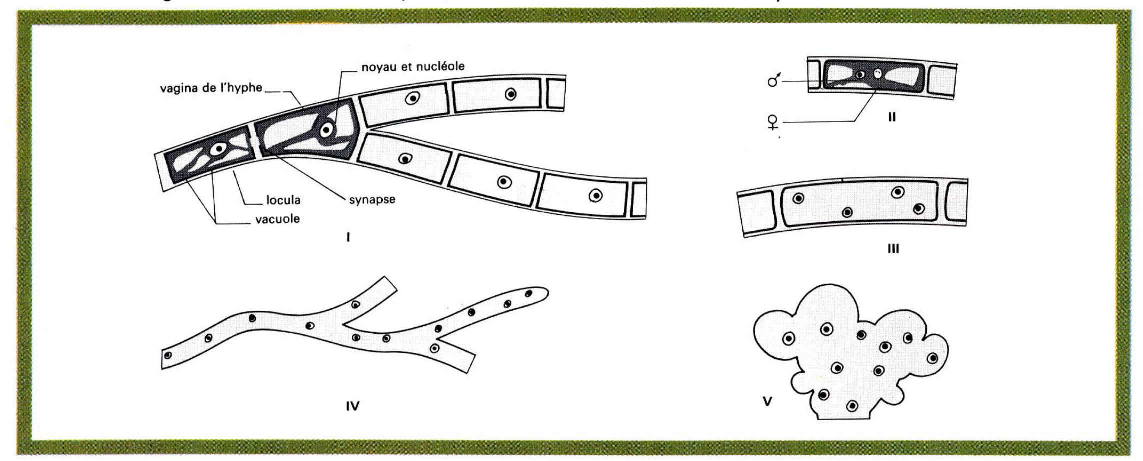


Cl. Vallin.

Le mycélium d'Agaric : les filaments se prolongent dans toutes les directions, dessinant un cercle de plus en plus grand. Les parties les plus jeunes du mycélium donnent les organes aériens du Champignon (pied, chapeau).

noyaux séparés par des cloisons : on les appelle alors des *hyphes* (c'est le cas général pour les Ascomycètes et les Basidiomycètes) ;

— soit garnis de nombreux noyaux, mais sans cloisons cellulaires : on les appelle alors des *siphons* (cette structure a déjà été rencontrée chez les Algues vertes, p. 48) ; c'est le cas général pour les Zygomycètes et les Paramycètes.



Quelques structures des thalles (mycélium des Champignons).
I. Mycélium cloisonné (hyphes) : remarquez les parois glucidiques des cellules **locula *et* vagina*, comme à la page 40, les vacuoles turgescentes, les synapses qui d'ailleurs ne sont pas toujours constantes. — II. Cellules d'hyphe à deux noyaux* (dicaryotiques)*, l'un mâle et l'autre femelle : ces cellules dicaryotiques sont fréquentes dans les filaments de certains Champignons. — III. « Cellule » plurinucléée. — IV. Mycélium siphonné (il n'y a plus de cloisons inter-cellulaires). — V. Plasmode (thalle amorphe, ressemblant à une amibe gigantesque).***

● *Variétés de thalles.* Les hyphes peuvent s'agglomérer et former des ensembles compacts, une sorte de « tissage » qui évoque un tissu végétal continu. En fait, il s'agit d'un faux tissu ou *plectenchyme* formant soit des massifs plus ou moins compacts (*stromas ;* exemple :le fruit à basides des Bolets ou des Agarics), soit un ensemble de cordonnets, ressemblant à des « racines » (*rhizomorphes ;* le « blanc du Champignon de couche »), soit de petits tubercules (*sclérotes ;* exemple : l' « ergot du Seigle »).

— Le mycélium n'est pas toujours présent. Certains Champignons ont un thalle qui se réduit à des cellules uniques, se multipliant végétativement : c'est le cas des Levures (voir photographie p. 16) ; d'autres sont des Champignons *cladomiens*, à cladomes microscopiques, analogues à ceux des Floridées (c'est le cas des *Laboulbéniomycètes*) : voir p. 53. D'autres enfin ont l'aspect d'une masse de protoplasme parfois volumineuse, constellée de noyaux, sans forme déterminée : il ressemble alors à une énorme Amibe (fig. V. ci-dessus).

● *Remarques.* — Les thalles de certaines Algues étaient bien plus variés (thalles à cladomes) et les faisaient ressembler à des plantes supérieures. Cela conduit à l'hypothèse que les Champignons dériveraient des Algues par évolution régressive (décadence). Enfin, on soulignera que les Champignons à fruits ne sont qu'un cas très particulier des Champignons en général — des Mycètes — dont le nombre d'espèces est considérable et qui jouent, tout comme les Bactéries, un rôle immense dans la nature.

Modes de vie des Champignons.

Nutrition.

« Il faut manger pour vivre » ; cette vérité première pose aux Champignons un problème qu'ignoraient les Algues Eucaryotes. Celles-ci possédaient en effet de la chlorophylle et fabriquaient leurs glucides à partir du gaz carbonique atmosphérique, l'assimilation chlorophyllienne pouvant se résumer grossièrement de la sorte : une opération qui consiste à transformer de l'eau de Seltz (eau dans laquelle on a dissous du gaz carbonique) en sucre. Or, les Champignons n'ont pas de chlorophylle ; cette synthèse leur est interdite et ils ont besoin, pour vivre, d'aliments organiques : on a exprimé déjà ce fait en disant qu'ils étaient hétérotrophes. (En réalité, il faudrait préciser : « hétérotrophes pour le carbone » ; car de nombreux Champignons assimilent directement le soufre des sulfates ou l'azote minéral.) Selon les groupes, les degrés d'hétérotrophie, c'est-à-dire le besoin d'aliments organiques, varient énormément ; il est constant bien entendu pour le carbone.

Cela explique l'existence de trois modes de vie chez les Champignons.

● *Ceux qui se nourrissent de substances organiques mortes,* qu'ils décomposent avec l'aide des Bactéries, sont appelés *saprophytes* (*sapros* = « pourri » ; « plantes qui vivent de la pourriture »). On les rencontre sur les bois morts, les débris végétaux ou animaux (cadavres, bouse de vache, crottin de cheval, etc.), sur l'humus du sol (dans les bois et les prés) et leur rôle est particulièrement important : en décomposant les débris organiques, les saprophytes restituent au monde minéral des éléments chimiques de toutes sortes.

● *Ceux qui se nourrissent de substances organiques empruntées* à des êtres vivants sont des *parasites* (*para* = « à côté de » ; *sitos* = « nourriture » ; « êtres qui se nourrissent d'autres êtres vivants »). Mais, de même que lorsque nous, êtres humains, mangeons une bonne entrecôte, nous devons d'abord *tuer* le bœuf qui la fournit, de même les Champignons parasites tuent les parties des Animaux et des Végétaux dans lesquels ils puisent leur subsistance. Chez les Animaux, ils provoquent des *mycoses ;* chez les plantes, ils sont les agents de maladies cryptogamiques : l'*ergot* des céréales, le *mildiou* ou l'*oïdium* de la Vigne, les tumeurs de certains arbres (chancre du Pommier par exemple).

— Ceux qui concluent tacitement, avec d'autres êtres vivants, une association biologique sont dits *symbiotiques.* L'association profite alors aux deux organismes.

— La symbiose d'une Algue et d'un Champignon forme un Lichen (voir p. 60).

— La symbiose d'un Champignon avec des racines d'arbres ou de plantes vivaces constitue des mycorrhizes : ainsi les graines d'Orchidée ne peuvent germer que si leur embryon est envahi par le mycélium d'un Champignon symbiotique appelé *Rhizoctone.* Les amateurs de Cèpes *(Boletus edulis)* savent qu'ils en cueilleront beaucoup plus au pied des Chênes les années où ceux-ci donnent de nombreux glands, etc.

— Il existe enfin des symbioses Champignons-Bactéries, comme celle fournie par l'association d'une Levure et d'une Bactérie appelée *Bacterium xylinum* et qui constitue le *hongo ;* on la cultive sur les arbres à thé, transformés ainsi en « plantes médicinales », riches en vitamines.

L'importance des saprophytes.

● *Lorsqu'on abandonne pendant quelques jours des aliments* (pain, fromage, etc.), ils se recouvrent de Champignons saprophytes : les Moisissures. Celles-ci les décomposent et les détruisent. Cette action destructrice est due au *pouvoir respiratoire* et au *pouvoir fermentaire* des Champignons.

— Les Champignons respirent, comme tous les Végétaux (voir pp. 17-18) ; ils « brûlent » ainsi les éléments organiques de leur substrat par le jeu complexe de leurs enzymes respiratoires.

— Quand la respiration normale est impossible (manque d'oxygène, équipement enzymatique insuffisant), elle peut être remplacée par une fermentation (p. 19) ; différentes Levures (Champignons appartenant à l'embranchement des Ascomycètes) en produisent une : la fermentation du jus de raisin par *Saccharomyces ellipsoideus* donne le *vin,* la fermentation du malt (moût sucré préparé à partir d'orge germé) par *Saccharomyces cerevisiæ* donne la *bière,* etc.

● *Certains saprophytes sécrètent des substances* empêchant le développement des Bactéries (substances antibiotiques) ; le plus célèbre d'entre eux est *Penicillium notatum,* un Ascomycète très commun. C'est en constatant que les Bactéries qu'il étudiait (Staphylocoque doré) étaient détruites à distance lorsque cette Moisissure contaminait le bouillon de culture, que le Britannique Fleming découvrit, en 1928, le pouvoir bactéricide de ce Champignon. Il supposa que l'agent de cette destruction était une substance qu'il baptisa « pénicilline » ; il est effectivement possible d'extraire de cultures de *Penicillium notatum.* Elle se présente sous la forme d'une poudre blanche qui se conserve à sec à une température inférieure à 4° C. En raison de son origine, on l'appelle une *substance antibiotique fongique* (*fungus* = « Champignon ») ; comme elle tue électivement certaines Bactéries, mais qu'elle est inoffensive pour les cellules animales, la pénicilline est utilisée en médecine contre les maladies microbiennes. Par la suite, on a découvert d'autres antibiotiques fongiques sécrétés par des Champignons appartenant à des genres variés : *Penicillium* (4 pénicillines appelées F, G, K, X ; patuline, citrinine, etc.), *Aspergillus* (flavicine, fumigacine, etc.), les Agaricales (clitocybines, etc.). Ne pas confondre ces antibiotiques fongiques avec les *antibiotiques bactériens,* obtenus à partir de certaines Bactéries (tifomycine, streptomycine, auréomycine, actinomycine, tyrocidine, etc.).

La reproduction des Champignons.

C'est un chapitre immense de la biologie végétale, en raison des nombreuses formes de reproduction qu'on rencontre dans ce groupe.

● *Il existe, comme chez les Algues, une reproduction asexuée :* certaines cellules *(sporocystes)* produisent des spores qui se multiplient végétativement et donnent un nouveau Champignon.

● *La reproduction sexuée* comprend aussi la production de gamètes par des *gamétocystes* et l'union (gamie) d'un gamète mâle et d'un gamète femelle donnant un *zygote.* Il y a — comme chez les Algues — un cycle évolutif comprenant des stades gamétophytes (producteur de gamètes) et sporophytes (producteur de spores). Mais le phénomène est compliqué par rapport à ce qui se passait chez les Algues au point de devenir, dans certains cas, méconnaissable.

Une étude d'ensemble serait trop abstraite ici ; nous examinerons donc les divers aspects de la vie sexuelle des Champignons dans le cadre de l'étude systématique qui va suivre.

EMBRANCHEMENT DES ASCOMYCÈTES.

Définition et classification.

Fiche signalétique.

Ces Champignons, qui tirent leur nom de la présence à un moment donné de leur développement de cellules d'un type spécial nommées *asques,* logées, en principe, dans un *fruit à asques* ou *ascocarpe,* comprennent, parmi leurs représentants les plus connus : les Morilles, les Pezizes, les Truffes, les parasites de l'*oïdium* de la Vigne et de l'ergot du Seigle, les Levures.

1. Pas de cellules motiles (susceptibles de se mouvoir à l'aide de *fouets*).

2. Spores ayant subi la réduction chromosomique ; elles sont formées dans des asques (ce sont des *ascospores*), contenus dans les *ascocarpes* (fruits à *asques*) qui sont la partie la plus « visible » du Champignon (la *Truffe* que nous mangeons, par exemple).

3. Mycélium en principe *cloisonné ;* cloisons intercellulaires souvent perforées et munies d'une synapse.

4. Parois cellulaires glucidiques, ne comportant pas de cellulose, mais de la *chitine* et divers glucides.

5. Cycle trigénétique (voir p. 45, exemple d'*A. plumula*) comprenant un *gamétophyte* porteur des organes sexuels mâle et femelle (ces derniers, les *ascogones,* munis d'un *trichogyne*), un *prosporophyte* se développant sur les gamétophytes après fécondation de l'ascogone, un *ascosporophyte* enfin qui produit les *asques.*





I. La Pezize orangée* (Peziza aurantia) *: ce beau « fruit » est un ascocarpe ; on aperçoit autour de lui, sur le sol, un fragment du mycélium. — II. A l'intérieur de l'ascocarpe se trouvent des cellules spécialisées, les asques, dans lesquels on peut apercevoir (au microscope) les spores fortement pigmentées : on remarque qu'il existe 8 spores (on dit encore* ascospores*) par asque. Ces ascospores sont haploïdes (leur noyau contient* n *chromosomes) ; une fois libérées, elles formeront de nouveaux Champignons.

Classification.

Les grands groupes d'Ascomycètes sont caractérisés par la structure des ascocarpes et l'existence ou non, dans leurs gamétophytes, de cladomes. On a ainsi les grands groupes suivants :

Ascocarpe à orifice étroit ou parfois sans orifice (= *périthèce*)	***Laboulbéniomycètes***	**Ascomycètes cladomiens**
	Pyrénomycètes	**Ascomycètes mycéliens**
Ascocarpe très largement ouvert (= *apothécie*)	***Discomycètes***	
Pas d'ascocarpe	***Hémiascomycètes***	

Les Mémiascomycètes seraient dépourvus d'ascocarpes par suite d'une évolution régressive.

Dans l'état actuel de nos connaissances systématiques, ces quatre groupes forment des *super-ordres* et non pas des sous-embranchements ou des classes.

Reproduction des Ascomycètes.

Reproduction asexuée.

Nous ne pouvons en étudier ici tous les aspects ; nous nous limiterons à une description schématique générale concernant surtout les Disco- et les Pyrénomycètes qui sont les Ascomycètes les plus typiques.

Chez de tels Champignons, on constate que certains filaments (hyphes) du mycélium produisent :

— soit directement, par fragmentation, des spores génératrices d'un nouveau Champignon : ce sont des *thallospores* (de « spores dérivant du thalle ») ;

— soit des spores formées dans des fructifications *(stromas)* du mycélium et qu'on appelle des *conidiospores* (*konis* = « poussière » ; ces spores s'échappent des organes dans lesquels elles se forment en une multitude de petits « grains » qui font songer à des grains de poussière).

Thallospores ou conidiospores donnent, par multiplication, un nouveau mycélium.

Reproduction sexuée.

Le cas général est expliqué dans la série de schémas commentés de la page suivante.

● *Il y a trois stades* (cycle trigénétique).

— Le gamétophyte haploïde (mycéluim à *n* chromosomes), portant organes mâles et organes femelles, produisant les gamètes.

— Le sporophyte I, micto-haploïde (c'est-à-dire que, dans chacune de ses cellules, il n'y a non pas un noyau diploïde, mais deux noyaux haploïdes, le noyau ♂ et le noyau ♀), est le produit du développement de l'ascogone fécondé par trichogamie (c'est-à-dire par l'intermédiaire du trichogyne qui le prolonge). Il se développe dans les jeunes *ascocarpes*, et il est formé de vésicules et de petits filaments *siphonnés* (non cloisonnés), où les noyaux mâles et femelles conjugués (mais non fusionnés) se divisent indépendamment les uns des autres. Ces couples de noyaux, isolés ensuite par cloisonnement, sont des *carpospores* (ou se comportent comme tels).

— Le sporophyte II est engendré par des carpospores. Il est aussi micto-haploïde (dicaryotique) ; ses filaments sont composés de *dangeardies* (plus ou moins typiques ; ce sont des éléments dicaryotiques particuliers). Les dangeardies produisent normalement des asques : dans ce cas, les deux noyaux fusionnent et donnent un zygote diploïde. C'est le seul stade à $2n$ chromosomes du cycle. Le développement de ces cellules les transforme en *asques* et les divisions intérieures, avec réduction chromosomique, fournissent les ascospores. Parallèlement, le tissu stromatique dans lequel sont logés ces filaments s'est enrichi jusqu'à donner — en principe — un fruit à asques, bien charnu, ou ascocarpe. Ainsi décrit, le cycle ressemble à celui des Floridées (voir p. 47).

● *La complication de l'hétérothallisme.* Dans le cas classique (typique), on constate que les 8 ascospores se divisent en deux groupes :

4 ascospores, habituellement désignées par le signe +, donnent des thalles +, producteurs de gamètes mâles + et de gamètes femelles + ;

4 ascospores, habituellement désignées par le signe —, donnent des thalles —, avec des gamètes mâles — et des gamètes femelles —.

L'union d'une spermatie et d'un ascogone de même signe est stérile : pour qu'il y ait fécondation, il faut que le gamète mâle et le gamète femelle proviennent de thalles de *signes contraires :* c'est ce qu'on appelle l'*hétérothallisme*.

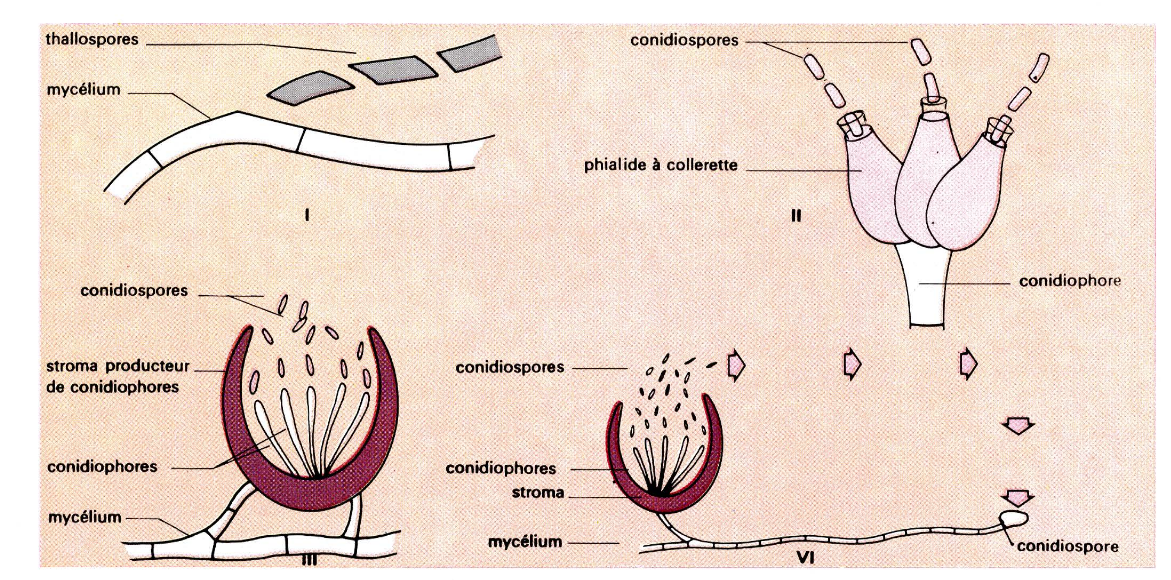
● *Le cas étudié sur les schémas ci-contre* peut comporter de nombreuses variantes.

— La trichogamie n'est pas constante : il peut y avoir fécondation par l'intermédiaire du filament qui porte l'ascogone et le relie au mycélium (c'est ce qu'on appelle la *thallogamie*), ou même *apogamie* (développement des gamètes femelles sans avoir été fécondés).

— Les dangeardies ne donnent pas toutes un asque ; la formation des cellules destinées à devenir des asques (stade VII) est très variable selon les espèces. Chez certaines d'entre elles, le sporophyte I a même été supprimé (cycle à deux générations).

— Les asques mûrs typiques possèdent 8 ascospores, dont la forme et le contenu varient selon les espèces ; en principe, ce contenu est un *embryon* (de thalle) à deux cellules, enveloppé d'une double tunique *(endospore* et *exospore)*.

— Enfin on a déjà dit que les asques sont à l'intérieur de l'ascocarpe, dont la forme et la structure servent à caractériser les grands groupes d'Ascomycètes.



Multiplication asexuée des Ascomycètes.
I. Hyphes se fragmentant et donnant des thallospores. — II. Filaments mycéliens portant les cellules génératrices de conidiospores. Ces filaments sont appelés des* conidiophores *(*phorein *= « porter »). — III. Formation de conidiospores sur un stroma. — IV. Cycle asexué schématique.

Description de l'embranchement.

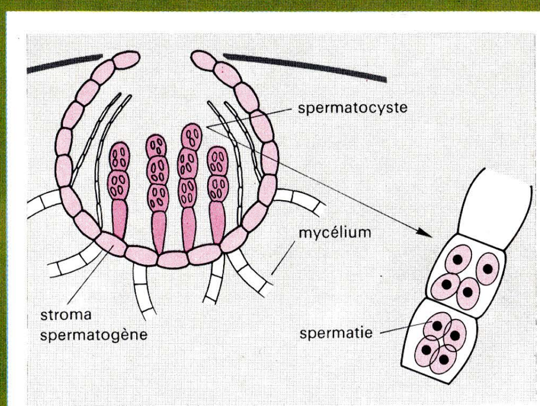
(Voir aussi le tableau n° 6 de l'*Annexe*.)

Super-ordre des Laboulbéniomycètes.

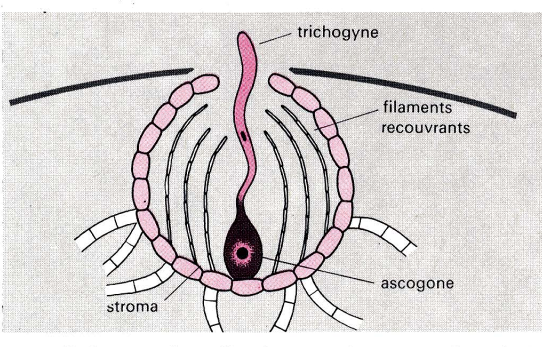
Ces Champignons sub-microscopiques vivent fixés aux téguments des Insectes. Leur thalle comprend non pas un mycélium mais des *cladomes* (un axe principal, des axes secondaires, des pleuridies) : il ressemble donc aux Floridées.

Super-ordre des Discomycètes.

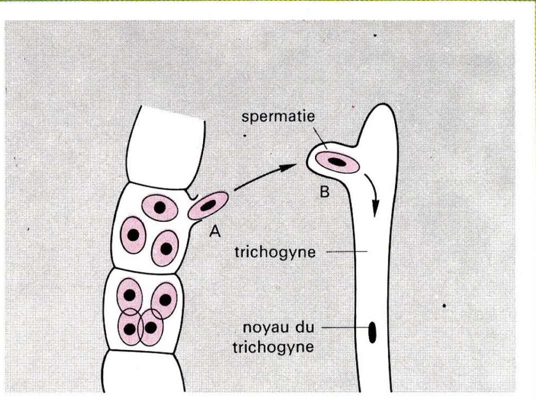
Très nombreuses espèces (plusieurs dizaines de milliers). Ce sont des Ascomycètes typiques à ascocarpe toujours largement ouvert *(apothécie)*, dont les asques sont portés par un *disque*. Les apothécies sont généralement très petites ; chez un petit nombre d'espèces elles peuvent atteindre plusieurs centimètres : c'est le cas des Champignons connus des non-botanistes comme les Pezizes, les Helvelles, les Morilles et les Truffes (genre *Tuber*). Leur classification repose sur la structure des asques, munis ou non d'un *opercule*



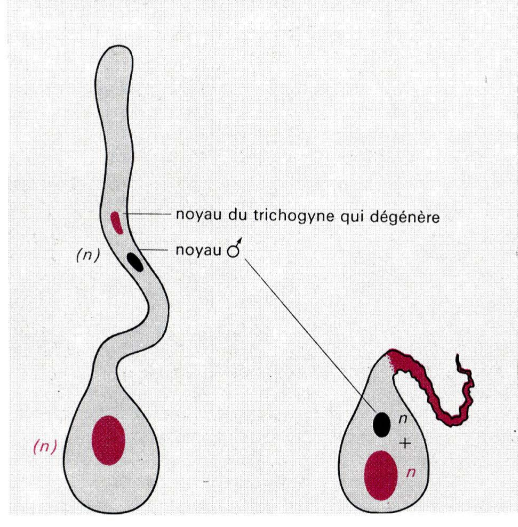
I. Organe mâle : une partie du mycélium (ou du stroma) se différencie et devient une **spermogonie**, *de forme sphérique, où naissent des filaments porteurs de cellules spécialisées, les* **spermatocystes** *dans lesquels sont formées les* **spermaties**, *gamètes mâles à* n *chromosomes. Les spermaties ressemblent à des conidiospores mais elles ne* peuvent *pas germer comme ces dernières; incapables de mouvements, elles seront transportées jusqu'aux cellules femelles qu'elles féconderont (voir III).*



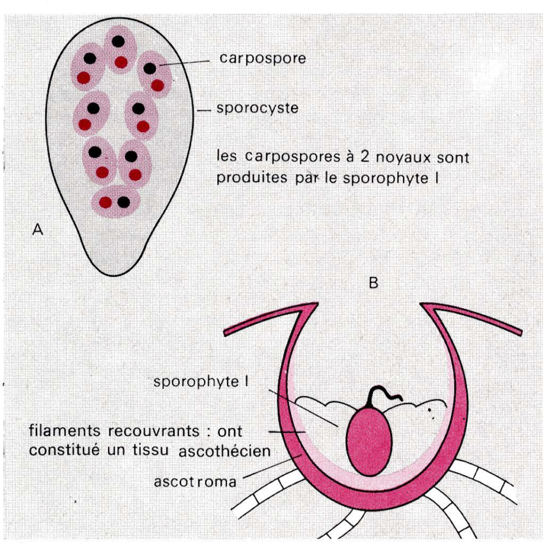
II. Organe femelle : les gamétocystes femelles, ou **asmcogones**, *sont portés par un stroma* **(l'ascocarpe)**. *Chaque ascogone est entièrement occupé par une cellule à un seul noyau* (n *chromosomes), qui n'est autre qu'un gamète femelle ou oosphère. Un long poil* **(trix)** *ou* **trichogyne**, *uninucléé, surmonte l'ascogone : il est destiné à capter une spermatie. On remarque aussi dans l'ascogone des filaments non sexuels : les filaments recouvrants. Aux stades I et II, le Champignon est un* **gamétophyte** *(porteur de gamètes),* **haploïde** *(cellules à* n *chromosomes).*



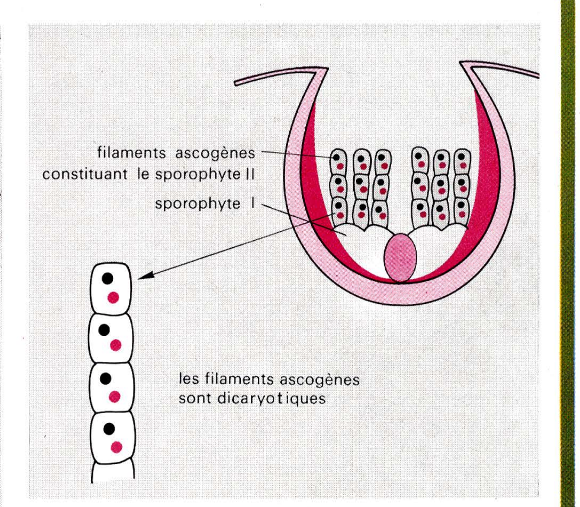
III. La copulation : les spermatocystes sont fréquemment associés aux ascogones; sur ce schéma, l'une des spermaties libérées (A) se trouve à proximité du trichogyne qui la capture (B). Ce mode de reproduction est une **trichogamie** *(« union par l'intermédiaire d'un poil »).*



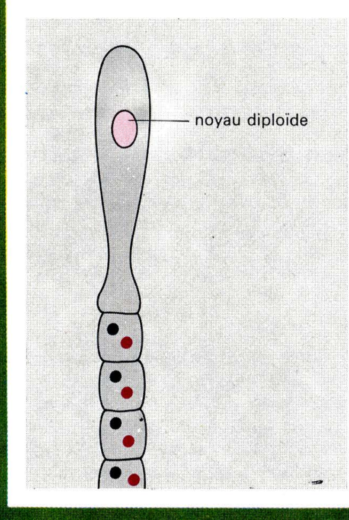
IV. L'aventure des noyaux : le noyau de la spermatie descend dans le trichogyne dont le noyau dégénère (A) puis parvient dans l'ascogone où il se place au-dessus *du noyau femelle (B).*
Remarques. — *1°* Il n'y a pas fusion des deux noyaux, *aussi le zygote obtenu n'est-il pas rigoureusement* **diploïde** *(2n chromosomes) : on dit qu'il est* **micto-haploïde** (n + n) ; *2° la fécondation n'est pas toujours possible : il peut s'y ajouter la complication (non envisagée ici) de l'*hétérothallisme *expliquée dans le texte.*



V. L'ascogone fécondé se développe (de façon très variable selon les espèces) et donne, par multiplication, des cellules à deux noyaux (un noyau mâle et un noyau femelle), non cloisonnées ; chacune de ces cellules est **micto-haploïde**, *comme le zygote de IV : ce sont de futures* **carpospores** *(A), l'ascogone est lui-même devenu une cellule contenant des spores, donc un* **sporocyste** *entouré maintenant par une paroi compacte issue des filaments recouvrants. A ce stade, le Champignon n'est plus un gamétophyte, mais un* **sporophyte** *(on pourrait dire aussi : un* **carposporophyte**), *c'est-à-dire porteur de carpospores micto-haploïdes. On précise souvent : sporophyte I pour distinguer du stade suivant (B); c'est le* **prosporophyte** *de la fiche signalétique.*

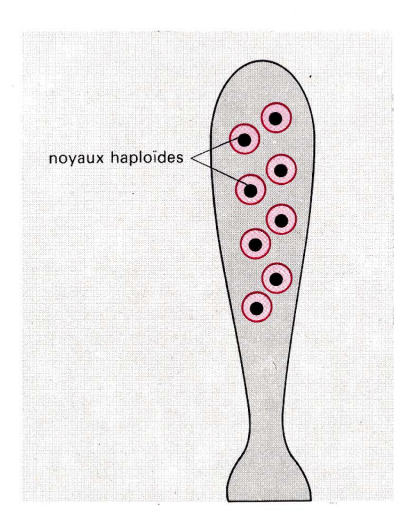


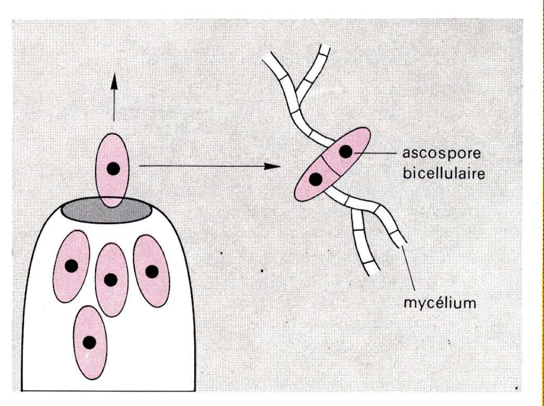
VI. Les carpospores à deux noyaux (à dicaryons) produits par le sporophyte I donnent naissance à un système de filaments dont les cellules sont aussi **dicaryotiques** *(possèdent deux noyaux). Ces filaments, appelés à produire des asques (voir VII), sont dits* **ascogènes**; *leur ensemble forme le* **sporophyte II** *(ascosporophyte). Une précision : les filaments sont d'ordinaire composés de petits éléments appelés* **dangeardies** *(du nom de P.A. Dangeard, 1865-1947), composées de deux cellules dicaryotiques superposées, séparées par une cloison et reliées par une anse latérale.*



VII. Lorsque les noyaux du sporophyte II sont mûrs (pubères), ils fusionnent, donnant un noyau diploïde (2 n *chromosomes). La cellule ainsi obtenue bourgeonne et devient un* **asque**. *L'ensemble des asques et des filaments stériles, dressés, forme un* **hyménium**.

VIII. Puis, à l'intérieur de cet asque, le noyau à 2n chromosomes se divise (en général trois fois), donnant 2, puis 4, puis 8 noyaux. Ces divisions s'accompagnent d'une réduction chromosomique : les 8 noyaux contenus dans l'asque possèdent donc n *chromosomes. Autour de ces noyaux se condense un peu de cytoplasme, puis il se forme des parois isolant nettement des* **ascospores**, *chargées en outre de réserves lipidiques.*





IX. Lorsque l'asque est mûr, sous l'influence de la pression osmotique régnant dans les vacuoles, les ascospores sont projetées au dehors, parfois à plusieurs dizaines de centimètres, comme un noyau de cerise qu'on expédie au loin en le pressant entre le pouce et l'index. Les ascospores, transportées par le vent, germent et donnent un nouveau mycélium porteur d'organes mâles et d'organes femelles, c'est-à-dire un gamétophyte : on se trouve ramené au stade I décrit précédemment.

Reproduction sexuée des Ascomycètes

(Ascomycètes operculés et *Ascomycètes inoperculés)*. On distingue ainsi dans le super-ordre des Discomycètes cinq groupes : Lécanoriens, Hélotiens, Léotiens, Pezizéens et Caliciens entre lesquels on a distribué 8 ordres.

● *Certains Discomycètes sont comestibles :* Helvelles, Pezizes, Morilles, Truffes. Ils sont en principe inoffensifs lorsqu'ils sont mangés *cuits* ou *séchés*. Certains d'entre eux *peuvent être toxiques à l'état cru :*

— Les *Gyromitres* (appelés « Morilles brunes »), qui sont des Pezizéens originaires d'Europe centrale, produisent chez *certains consommateurs* des accidents anaphylactiques : le premier repas de Gyromitres crus n'a aucun effet apparent, mais sensibilise l'organisme aux principes toxiques de ce Champignon ; le second repas provoque le *choc anaphylactique* (vomissements, chute du pouls, prostration, etc.).

— Les Helvelles, les Pezizes et les Morilles ne sont pas toxiques en principe, sauf lorsqu'ils ne sont plus frais : ils sont alors contaminés par des Bactéries qui engendrent des toxines.

● *Les Truffes sont inoffensives.* On en connaît plusieurs espèces ; la plus appréciée des gastronomes est la Truffe noire du Périgord, *Tuber melanosporum*. La rareté relative de ce Champignon, récolté en novembre et en décembre au pied des arbres forestiers (les Chênes truffiers) explique les prix parfois astronomiques qu'il atteint dans le commerce, où l'on propose aussi des espèces moins rares de Truffe noire, mais dont la saveur est loin de valoir celle des Truffes du Périgord : Truffe noire de Bourgogne ou de Champagne *(Tuber uncinatum)*, Truffe du Vaucluse *(Tuber brumale)*, Truffe mésentérique *(Tuber mesentericum)*, Truffe d'été *(Tuber æstivum)*. La Truffe blanche du Piémont *(Tuber magnatum)* a une saveur alliacée.

● *L'espèce Sclerotinia fuckeliana* (Hélotiens) est un parasite des raisins. Mais la pourriture qu'il y détermine n'a pas le même effet selon qu'il s'agit de raisins verts ou de raisins mûrs : sur les premiers, dont ils consomment le sucre, il produit la *pourriture acide*, qui rend les grains inutilisables pour la vinification ; sur les seconds, il ne parasite que la *peau* des grains dont le goût devient plus sucré : c'est la *pourriture noble*, grâce à laquelle on fait, dans le Bordelais, des vins doux et liquoreux dont les plus connus (et les meilleurs) sont les *sauternes*, qui accompagnent électivement les foies gras.

Super-ordre des Pyrénomycètes.

Leurs ascocarpes s'ouvrent par de petits orifices (ostioles) ; ce sont des *périthèces* et non plus des *apothécies*.

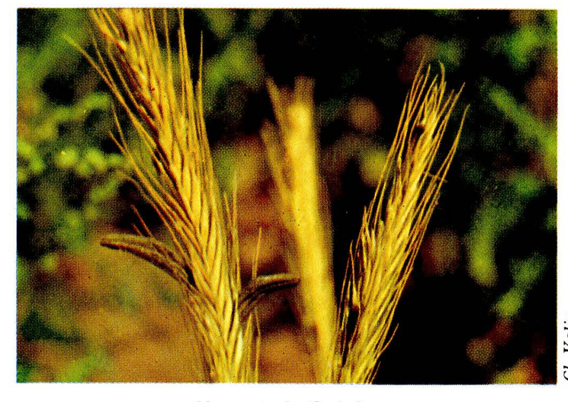
Très nombreuses espèces (plusieurs milliers), généralement microscopiques. Parasites ou saprophytes des Végétaux, ils sont les agents de plusieurs maladies cryptogamiques des plantes. On les a classés, d'après la structure de leurs asques, en *Dothidéens, Sphæriacéens* et *Clavicipitiens*, comprenant respectivement trois, huit et un ordres. Voici quelques généralités sur les espèces particulièrement nuisibles.

● *Venturia* envahit les rameaux, les feuilles et les fruits du Pommier et du Poirier, provoquant notamment sur les poires et les pommes ce qu'on appelle la *tavelure*. Comme ces Champignons se conservent d'une année sur l'autre, il convient, pour guérir les arbres envahis, de couper tous les rameaux tavelés, de placer des sachets autour des fruits et de sulfater les arbres avec de la *bouillie bordelaise* (eau + sulfate de cuivre + chaux).

● *Guignardia bidwellii* attaque les feuilles et les grains de raisin, provoquant le *black-rot* de la Vigne (symptômes : taches rondes, d'un centimètre de diamètre environ, couleur de feuille morte sur les feuilles). Ce Champignon attaque d'abord les feuilles et produit des conidiospores qui attaquent ensuite les raisins. Il n'y a guère d'action curative possible ; on pratique donc le sulfatage préventif de la Vigne.

● *Claviceps purpurea* provoque l'*ergot* du Seigle et des autres céréales. La présence de ce Champignon détermine la formation de *sclérotes* allongés appelés *ergots* (voir photographie). Les ergots produisent des substances toxiques (ergotamine, ergocristine, etc.) qui peuvent être mortelles. Les farines faites avec du Blé ou du Seigle ergoté provoquent des maladies graves, en apparence épidémiques (elles frappent en général les clients d'une même boulangerie). Certains de ces empoisonnements collectifs peuvent provoquer la mort.

Les principes toxiques des ergots sont des alcaloïdes. Ils dérivent tous d'un composé organique bien connu : l'acide lysergique (dont on sait faire la synthèse depuis 1938) et qui possède des propriétés hallucinogènes célèbres (l'acide lysergique est le constituant du L.S.D.).



Cl. Valin

L'ergot de Seigle.
***L'ovaire de la fleur a été remplacé par un organe dur, en forme d'ergot, dans lequel se développe* Claviceps purpurea.**

● *Les Érysiphes* provoquent des maladies végétales appelées *oïdiums*. L'oïdium de la Vigne est dû à *Uncinula necator*, un Champignon américain introduit en Europe au XIXe siècle ; ce Champignon, qui se développe surtout sur les grains verts, empêche leur maturation (symptôme : les grains restent petits, durs, recouverts d'un revêtement blanc poudreux).

● *Aspergillus et Penicillium* se développent sous forme de moisissures blanches sur le bois mort, le pain, le cuir, les fromages, les confitures, etc. *Penicillium* produit la *pénicilline* (voir ci-dessus, p. 52).



Cl. R. Lami

***La moisissure verte qui se développe sur le pain, le citron, etc., est un Champignon dont les organes producteurs de spores ressemblent à des pinceaux (en latin :* penicillium*), d'où le nom de cet Ascomycète qui fournit la* pénicilline.**

Super-ordre des Hémiascomycètes.

Champignons sans ascocarpes, répartis en deux ordres (Endomycétales et Dipodascales). Aux Endomycétales appartient la famille des Saccharomycétacées ou *Levures* (au sens strict), agents de nombreux phénomènes métaboliques (voir p. 16) : *Saccharomyces paradoxus* (Levure de la fermentation alcoolique produisant le vin), *S. ellipsoideus* (cidre), *S. cerevisiæ* (bière), etc.

EMBRANCHEMENT DES BASIDIOMYCÈTES.

Définition et classification.

Fiche signalétique.

Champignons extrêmement variés qui vivent en parasites des plantes supérieures chez lesquelles ils produisent des affections nombreuses (*rouilles, pourridié des arbres forestiers*, etc.), en symbiose avec des racines (Bolets, Amanites, etc.), ou avec des Algues (Lichens), ou en saprophytes (Coprins, Agarics, etc.). Espèces de toutes tailles, depuis les Champignons microscopiques jusqu'à ceux dont les fructifications peuvent peser plusieurs centaines de grammes. *La plupart des Champignons comestibles ou vénéneux* sont des Basidiomycètes (Bolets, Amanites, Agarics, Russules, etc.). La différence essentielle avec les Ascomycètes est le remplacement des asques par des éléments rigoureusement homologues appelés *basides*, logés en général dans un « fruit » à basides : le carpophore.

1. Pas de cellules motiles.

2. Spores ayant subi la réduction chromosomique, formées dans les basides (ce sont donc des *basidiospores*), portées par les *carpophores* (fruits à basides).

3. *Mycélium cloisonné*.

4. Parois cellulaires chitineuses, sans cellulose.

5. Cycle sexuel théoriquement trigénétique, analogue à celui des Ascomycètes, mais presque toujours très simplifié.

20 000 espèces, 450 genres.

Classification.

D'après la structure de la baside, on distingue deux groupes de Basidiomycètes : ceux dont les basides sont de type archaïque (*Archéobasidiés*, divisés en 4 ordres) et ceux dont les basides sont évoluées (*Néobasidiés*, comprenant 7 ordres).

Pour les détails de la classification, voir le tableau n° 7 de l'*Annexe*.

Reproduction des Basidiomycètes.

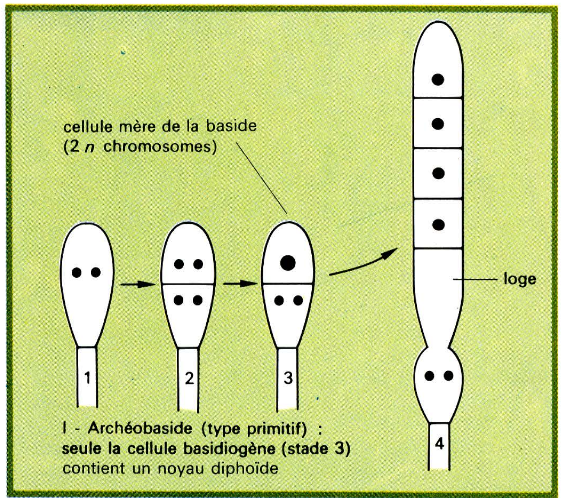
La reproduction asexuée.

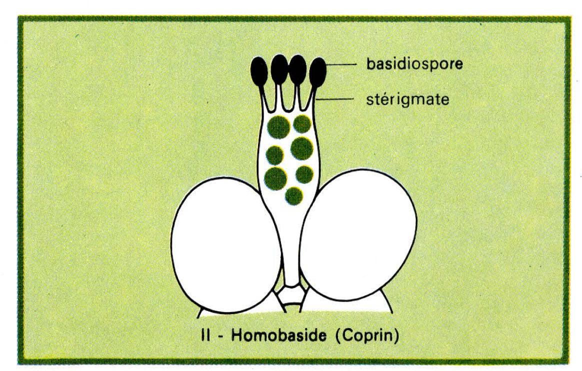
Elle existe comme chez les Ascomycètes : production de *thallospores*, de *conidiospores* qui germent pour donner un nouveau Champignon (toutefois, le phénomène est moins général que chez les Ascomycètes, où la reproduction asexuée était très importante).

La reproduction sexuée.

● *En principe, le cycle est trigénétique*, comme chez les Ascomycètes, avec cette différence que les *asques*, qui engendraient des ascospores *à l'intérieur* d'une même cellule, sont remplacés par des *basides* produisant les spores *à l'extérieur* de la cellule, par bourgeonnement à l'extrémité d'un appendice appelé *stérigmate*. Ces basides, engendrées par des cellules dites *cellules basidiogènes*, sont faciles à isoler et à examiner dans l'*hyménium* du Champignon de couche par exemple.

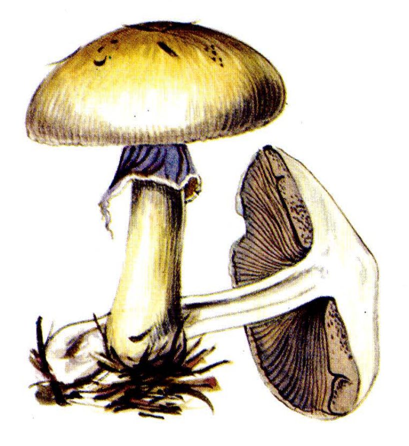
L'aspect des basides varie selon les cas ; la figure ci-dessous donne quelques détails sur les structures les plus fréquemment rencontrées.





Les basides des Basidiomycètes (schématique).

CHAMPIGNONS - II



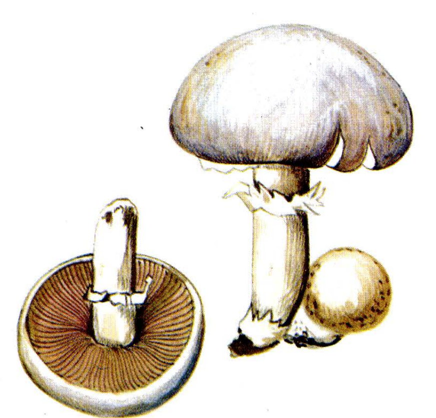
Psalliota arvensis var. *silvicola* :
Agaric des jachères,
ou Psalliote des jachères



(vénéneux) *Amanita muscaria* :
Amanite tue-mouches,
ou Fausse-Oronge



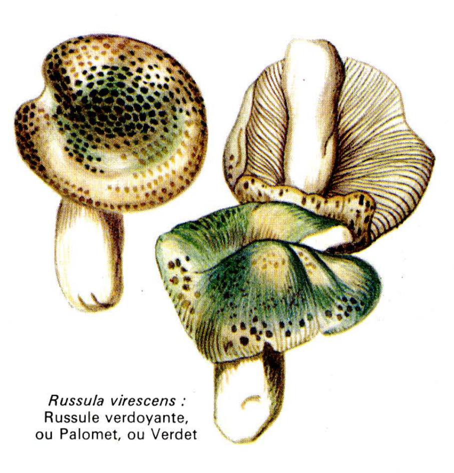
Amanita pantherina :
Amanite panthère
(vénéneux)



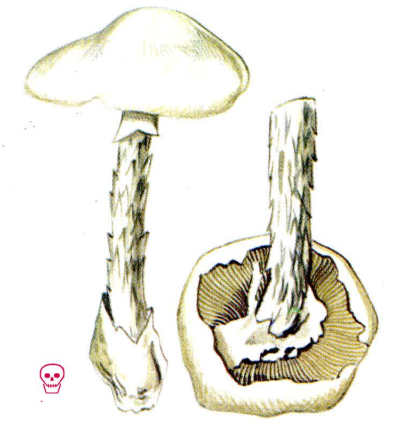
Psalliota bispora :
Champignon de Paris, ou Psalliote des jardins,
ou Champignon de couche



(à rejeter)
Russula emetica :
Russule émétique



Russula virescens :
Russule verdoyante,
ou Palomet, ou Verdet



Amanita virosa :
Amanite vireuse



Russula cyanoxantha :
Russule charbonnière,
ou Russule bleue et jaune



Lepiota procera :
Lépiote élevée, ou Coulemelle



Amanita phalloïdes :
Amanite phalloïde,
ou Oronge ciguë verte



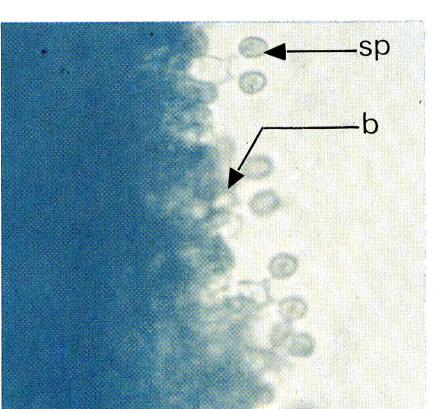
Amanita cæsarea :
Amanite des Césars,
ou Oronge vraie



Amanita verna :
Amanite printanière, ou Oronge printanière,
ou Oronge ciguë blanche



Ph. J. Vallin.



Ph. J. Vallin.



Ph. J. Vallin.

I. L'Agaric, aspect général : on reconnaît aisément le pied* (p), *l'anneau* (a), *le chapeau* (c) *et les lamelles* (l). — *II. Les basides : vue au microscope, une lamelle apparaît comme garnie de petits « poils » porteurs de spores* (sp) *: ces éléments sont les basides* (b). — *III. Coupe pratiquée dans un Agaric jeune : le Champignon est enveloppé d'une membrane épaisse qui cache les lamelles, le voile partiel* (v). *Au cours de la croissance, cette membrane se déchire et reste fixée au pied, où elle forme l'anneau.

● *Un exemple de cycle trigénétique* est donné par un Basidiomycète de type archaïque, *Puccinia graminis*, qui provoque la rouille noire du Blé (se reporter à l'étude du cycle sexuel des Ascomycètes pour la définition des différents termes).

1 et 2. Mycélium (gamétophyte) à *n* chromosomes, parasitant les feuilles d'un arbuste, l'Épinevinette, et produisant des organes mâles : les *pycnies*, très voisines des spermogonies des Ascomycètes, et des organes femelles : les *proécies*, comparables aux jeunes ascocarpes des Ascomycètes. Les gamètes mâles sont des spermaties ; les gamètes femelles sont de *cellules oogoniales* qui jouent un rôle semblable à celui des *cellules ascogoniales* chez les Ascomycètes.

3. Fécondation par trichogamie.

4. Ici aussi, il n'y a pas de fusion des noyaux mâle et femelle : le zygote est *dicaryotique*.

5. Les sporophytes I sont appelés ici *écio-sporophytes ;* ils se développent dans les proécies, aux dépens des tissus nourriciers qui les entourent, et produisent des carpospores. Ce stade est micto-haploïde.

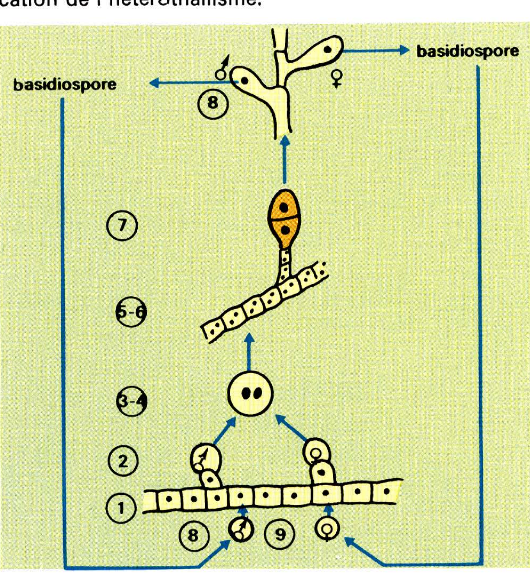
6. Les carpospores forment une fructification, l'*écie*, qui n'a pas d'équivalent chez les Ascomycètes, mais nous rappelle ce que l'on a vu chez les Floridées, lesquelles ont des fructifications à carpospores. Les spores libérées *(écéiospores)* engendrent des filaments dicaryotiques d'où naîtront les basides ; c'est le sporophyte II ou *basidio-sporophyte*, qui parasite la tige et les feuilles du Blé.

7. Des basidio-sporophytes naissent des *téliospores*, génératrices des basides (après dissémination et germination, au printemps, des téliospores).

8. Les basides produisent, par bourgeonnement, des *stérigmates*, origine des basidiospores.

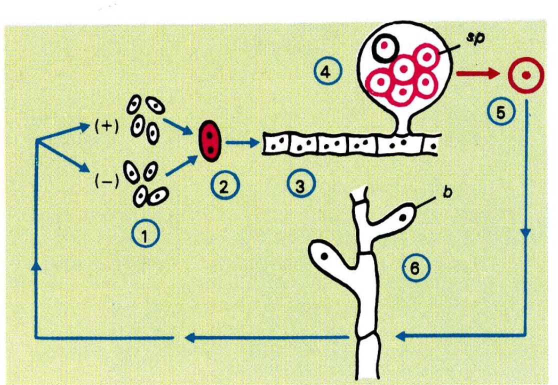
9. Les basidiospores engendrent un nouveau gamétophyte, et le cycle recommence.

Il s'ajoute aussi, chez les Basidiomycètes, la complication de l'hétérothallisme.



***Cycle schématique de* Puccinia graminis.**

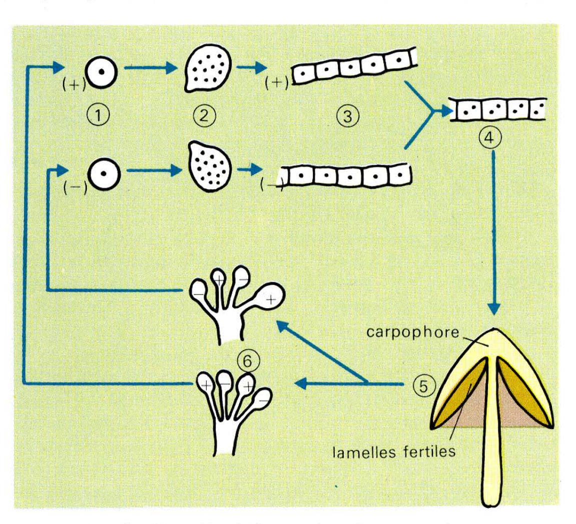
En fait, ce cycle n'existe vraiment que chez certains *Archéobasidiés ;* même dans cette catégorie de Champignons, il subit des variations nombreuses comme le montre, par exemple, l'étude schématique, ci-dessous, de l'évolution sexuelle des Ustilaginales.



Cycle schématique des Ustilaginales.

● *Chez les Néobasidiés* comme les Coprins (ordre des Agaricales ; Champignons qui se développent sur les bouses et les fumiers ; l'espèce *Coprinus comatus*, ou Coprin chevelu, est comestible) et d'une manière générale chez tous les Champignons dont les fructifications, ou carpophores, sont directement productrices de basides, le cycle peut se résumer par le schéma suivant (colonne ci-contre, en haut).

Ce qui est remarquable dans ce cycle, c'est qu'*il n'y a pas de gamétophytes*. Les cellules du mycélium primaire (à *n* chromosomes) s'unissent pour former les cellules à deux noyaux ($n + n$) qui engendreront



Cycle d'un Basidiomycète à carpophore.

le mycélium secondaire, dicaryotique : à ce mode d'union cellulaire on donne le nom de *périttogamie*. Ces deux mycéliums représentent probablement le basidio-sporophyte.

Description de l'embranchement.

(Voir aussi le tableau n° 7 de l'*Annexe*.)

Les Archéobasidiés.

Ce sont les descendants d'ancêtres (inconnus) qui vivaient peut-être en parasites de certains Arthropodes. La plupart d'entre eux sont parasites des plantes supérieures auxquelles ils communiquent des maladies graves : *rouilles, charbons* (grains de Maïs remplacés par de grosses galles grisâtres remplies de spores noires et pulvérulentes, etc.), *caries*. On les divise en quatre ordres selon le tableau suivant.

Cycle	Basides	Ordres
Archaïque, semblable, à quelques modifications près, à celui des Ascomycètes.	Engendrées par des spores d'un type particulier appelées *téliospores*.	URÉDINALES : Champignons des rouilles des plantes (6 familles).
	Engendrées par de simples spores charbonneuses (pulvérulentes, brunes ou noires).	USTILAGINALES : Champignons des charbons et des caries des plantes (2 familles).
Évolué (en général sans gamétophytes), avec très souvent une périttogamie.	Engendrées par des téliospores.	SEPTOBASIDIALES : Champignons vivant en association avec des cochenilles.
	Sans téliospores.	AURICULARIALES : vivent le plus souvent sur les bois.

Les Néobasidiés.

Le cycle sexuel de ces Champignons est simplifié (exemple des Coprins, ci-dessus). La surface fertile du fruit (carpophore) est constituée par les *lamelles ;* les basides sont rangées en une couche régulière et continue : l'hyménium. Le carpophore peut être recouvert d'un *voile* (Champignons *angiocarpes*) ou dépourvu de voile (Champignons *gymnocarpes*). La plupart des Champignons comestibles et vénéneux sont des Néobasidiés. Voici, brièvement, les caractères systématiques des sept ordres qui constituent ce groupe.

● *Ordre des Trémellades*. Champignons généralement gélatineux, gymnocarpes, intermédiaires entre les Auriculariales et les Néobasidiés.

● *Ordre des Polyporales*. Carpophore sans voile, non gélatineux, dont l'hyménium se développe progressivement sur la surface fertile des carpophores au fur et à mesure que ceux-ci se développent. Ces Champignons sont très souvent *lignicoles* (se développent sur du bois, des arbres, etc.). Nous dirons quelques mots ici des espèces comestibles et des espèces nuisibles.

— Sont comestibles : la Chanterelle ou Girolle *(Cantharellus cibarius)* et une espèce voisine *Craterellus cornucopioides* ou Trompette-des-morts, utilisée souvent comme condiment ; la Chanterelle *Cantharellus aurantiacus*, ou fausse Girolle, comestible elle aussi, qui

risque d'être confondue, dans les régions méditerranéennes, avec le Pleurote de l'Olivier, Champignon phosphorescent et toxique (non mortel); certaines espèces de Clavaires (genre *Clavaria*); la Fistuline hépatique ou « langue-de-bœuf » *(Fistulina hepatica)*, commune en automne sur les troncs des Chênes, et dont la chair est comestible.

Il ne semble pas qu'il y ait de Polyporales véritablement toxiques, au point d'être mortelles.

— Polyporales destructrices du bois : la plus redoutable est la Mérule *(Gyrophana lacrymans)*. Ce Champignon, qui prolifère dans les endroits humides et mal aérés, attaque le bois des maisons (plancher, poutres, solives, etc.) qu'il pourrit.

— Polyporales destructrices des arbres : le mycélium de ces Champignons pénètre généralement par les blessures faites aux arbres (branches cassées, morsures de rongeurs, etc.). Les espèces nuisibles de cette catégorie sont nombreuses : *Polypore hispide*, destructeur des Pommiers, des Noyers, des Ormes et des Frênes, *Polypore du Bouleau, Polypore amadouvier (Ungulina fomentaria)*, qui s'attaquent aux Chênes et à de nombreux arbres. Rappelons que l'*amadou* est préparé à partir de la chair de ces Champignons.

● *Ordre des Agaricales*. Ce sont des Champignons qui sont d'abord revêtus d'un voile puis qui perdent celui-ci (destruction ou déchirure); leur surface fertile est constituée de lamelles rayonnantes typiques (voir photographie au début de cet exposé); l'hyménium ne se développe que lorsque la surface fertile des carpophores est développée et simultanément sur toutes les parties de cette surface. Les carpophores des Agaricales sont généralement charnus, parfois cartilagineux ou coriaces, souvent colorés par des pigments divers. C'est parmi les Agaricales que se rangent la plupart des Champignons comestibles ou vénéneux.

On peut se demander pourquoi, dans certaines civilisations, s'est développée la *mycophagie*, c'est-à-dire le fait de manger des Champignons. En effet, la valeur nutritive de ces Végétaux est presque nulle et leur arôme n'est souvent mis en valeur que par une préparation culinaire particulière. Certains auteurs ont remarqué que le caractère « mystérieux » des Champignons, qui sont assurément des Végétaux inattendus, les actions que certaines espèces pouvaient provoquer sur l'organisme (Champignons vénéneux, Champignons hallucinogènes), feraient d'eux une sorte d'aliment « magique » (travaux de R. G. Wasson et de R. Heim). On sait que les Indiens du Mexique consommaient des Champignons qui les plongeaient dans des états seconds (*Teonanacatl* = « chair des dieux »); on a rapporté que des chamanes sibériens utilisent l'Amanite tue-mouches comme substance enivrante et aphrodisiaque.

— Agaricales comestibles : certaines espèces de Russules *(Russula)*, de Lactaires (genre *Lactarius*), les Agarics *(Agaricus* ou *Psalliota)*, genre auquel appartient le Champignon de couche *(Agaricus hortensis)*, cultivé dans des carrières souterraines sur du fumier de cheval, humide, à une température comprise entre 10 et 15°; l'Oronge, ou *Amanita cæsarea*, Champignon excellent à ne pas confondre avec les autres Amanites, qui sont vénéneuses et parfois mortelles.

— Champignons vénéneux : les *Oronges ciguës* appartiennent à l'espèce *Amanita phalloides* (Amanite phalloïde) et à ses alliées *(A. verna, A. virosa)*. Ce sont les Champignons les plus toxiques qui soient, généralement mortels; ils sécrètent en effet deux toxines : la *phalloïdine*, cause d'hémorragies du tube digestif et de la dégénérescence graisseuse du foie, et l'*amanitine* qui provoque une forte hypoglycémie (baisse anormale du taux de sucre dans le sang). Ces toxines entraînent chez ceux qui ont absorbé de l'Amanite phalloïde, des troubles qui débutent 10 ou 12 heures après le repas (c'est-à-dire lorsque le « lavage d'estomac » est devenu inutile) et tuent en quelques jours.

L'Amanite tue-mouches (*Amanita muscaria* ou fausse Oronge) et l'Amanite panthère *(Amanita pantherina)* sont toxiques, mais non mortelles (du moins en général). Elles contiennent des alcaloïdes : la *muscaridine* et la *muscarine* (de formule $C_9H_{20}O_2N$) qui provoquent des troubles viscéraux (vomissements, diarrhées, malaises, etc.) et nerveux (hallucinations, aphrodisie). Voir ci-dessous nos observations sur les Champignons hallucinogènes.

Le *Coprin atramentaire*, qui est généralement comestible, peut provoquer — lorsqu'il est consommé en même temps que des boissons alcoolisées — des troubles cardiaques et circulatoires.

Il est à peine besoin de signaler ici qu'on ne traite pas les empoisonnements dus aux Champignons à l'aide de simples « remèdes de bonne femme ». Tout sujet atteint de malaises variés, viscéraux ou centraux, quelques heures après un repas fongique (et dans le cas de l'Amanite phalloïde, l'intoxication peut se manifester parfois jusqu'à 40 h après le repas), doit être immédiatement conduit chez un médecin ou dans un centre hospitalier.

● *Ordre des Bolétales*. Champignons également semi-angiocarpes, c'est-à-dire d'abord revêtus d'un voile, et ensuite nus; hyménium à développement simultané de toutes ses parties et se distinguant de celui des Agaricales par le réseau des lamelles fertiles, qui sont très faciles à séparer du carpophore. Le type général de cet ordre est le Cèpe de Bordeaux *(Boletus edulis)*, comestible, comme la plupart des Bolets. Certaines espèces bleuissent quand on les casse : c'est le cas du Bolet Satan *(Boletus satanas)*, du Bolet blafard *(Boletus luridus)*; ce phénomène est dû à une oxydation rapide d'un composé phénolique, le *bolétol*, sous l'action d'une enzyme typique : la *laccase*. **Le Bolet Satan cause des gastro-entérites ; le Bolet blafard, que l'on croyait vénéneux, est comestible.**

● *Ordre des Phallales*. Semi-angiocarpes, comme les Agaricales et les Bolétales : l'hyménium est enfermé dans une *glèbe fertile* et mis à nu à maturité. Les Champignons de cet ordre sont presque tous tropicaux; quatre espèces seulement sont répandues dans nos régions tempérées : *Phallus impudicus*, à odeur cadavérique attirant les Insectes (Mouches, etc.) qui se chargent ainsi de la dissémination des spores, *Mutinus caninus, Clathrus cancellatus* (rare), *Colus hirudinosus*.

● *Ordre des Gastréales*. Tout à fait angiocarpes : un voile constant recouvrant les lamelles et l'hyménium enfermé dans une glèbe fertile. Aux Gastréales appartiennent les Vesses-de-loup (genres *Lycoperdon, Scleroderma, Geaster* et *Astræus*), et les « Truffes à basides » (ne pas confondre avec le genre *Tuber*), dont les genres sont *Hymenogaster*, etc. (Vesses-de-loup souterraines).

● *Ordre des Sporobolomycétales*. Ce sont des « Levures » à basides vivant sur les fruits et autres milieux de fermentation.

EMBRANCHEMENT DES ZYGOMYCÈTES.

Définition et classification.

Fiche signalétique.

Ce sont des Champignons chez lesquels il ne se forme pas de sporophytes comme chez les Ascomycètes et les Basidiomycètes : le gamétophyte haploïde produit directement des *zygospores* qui germent et donnent un nouveau gamétophyte. Au lieu donc d'avoir, comme chez les Champignons typiques des genres précédents, le cycle :

gamétophyte (haploïde) ⟶ sporophyte I (micto-haploïde) ⟶ sporophyte II (micto-haploïde puis diploïde) ⟶ asco- ou basidiospores (haploïdes)

on a :

gamétophyte (haploïde) ⟶ zygospores (diploïdes)

1. Pas de cellules motiles.
2. Spores (zygospores) formées directement à partir des filaments mycéliens constituant le gamétophyte.
3. Mycélium souvent cloisonné; parfois représenté par des cellules isolées (analogues à des Levures : cellules levuriformes) mais le plus souvent siphonné.
4. Parois cellulaires chitineuses ou chitino-cellulosiques (alors qu'il n'y avait pas de cellulose chez les Ascomycètes et les Basidiomycètes).
5. Cycle à une seule génération (le sporophyte est réduit à la zygospore).

Classification.

Trois ordres.

● *Les Mucorales* (filaments siphonnés en général) sont des moisissures saprophytes dont les spores sont produites par transformation de l'extrémité de filaments en cellules spécialisés : des *sporocystes*, qui libèrent chacun plusieurs spores. Deux familles : les *Endogonacées*, où les fructifications contenant les zygospores sont très développées, et les *Mucoracées*, plus nombreuses, chez lesquelles les fruits sont rudimentaires ou absents.

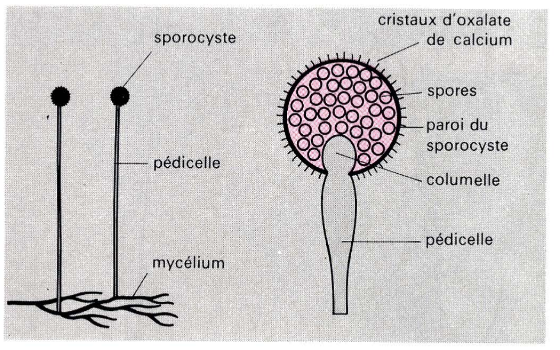
● *Les Entomophtorales* (mycélium généralement cloisonné) n'ont pas de sporocystes : l'extrémité des filaments se transforme directement en une spore. Ces Champignons sont parasites d'Insectes et comprennent deux familles : les *Basidiobolacées* (un seul genre : *Basidiobolus*) et les *Entomophtoracées*.

● *Les Zoopagales* ont une position systématique incertaine; ces Champignons sont parasites d'Amibes et de Nématodes.

Reproduction.

Reproduction asexuée.

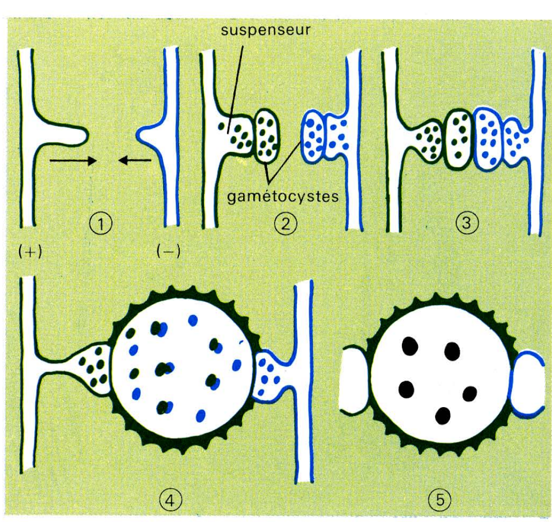
Nous prendrons l'exemple des Mucorales. Du mycélium naissent des vésicules, portées par des filaments dressés *(pédicelles)* : ce sont des sporocystes, dans lesquels se forment de nombreuses spores, arrondies, garnies d'une tunique, généralement plurinucléées. Lorsque la paroi des sporocystes s'ouvre, les spores sont libérées et peuvent engendrer un nouveau mycélium (voir figure ci-dessous).



Reproduction asexuée chez* Mucor mucedo *(schématique).

Reproduction sexuée.

Prenons encore l'exemple de *Mucor mucedo*. Les étapes du phénomène sont expliquées sur le schéma ci-dessous :



Reproduction sexuée chez* Mucor mucedo *(schématique).

Remarquons les faits suivants :

1. Les noyaux mâles et femelles (noyaux + et noyaux −) se développent dans les cellules analogues aux sporocystes, les *gamétocystes*, dont chacun est porté par un pédicelle renflé, le *suspenseur*.
2. Il y a *cystogamie*, c'est-à-dire fusion des gamétocystes + et − : leurs noyaux peuvent ne pas fusionner (⟶ zygote micto-haploïde) ou fusionner deux par deux (un noyau + avec un noyau −), cas le plus fréquent (⟶ zygote diploïde). Le zygote se transforme en une *zygospore* qui germera plus tard, en subissant une méiose, redonnant ainsi le gamétophyte.
3. Chez les Entomophtorales, la *cystogamie* est réalisée par l'union de deux cellules mycéliennes consécutives (non figurées sur le schéma).
4. Le cycle complet chez les Mucorales est le suivant :



Pleurotus ostreatus :
Pleurote en forme d'huître



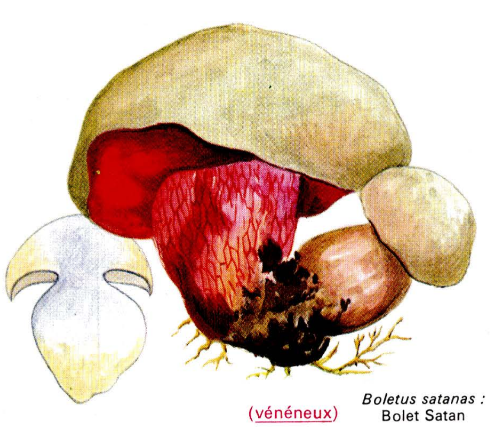
Boletus edulis :
Bolet comestible, ou Bolet nègre,
ou Cèpe, ou Cèpe de Bordeaux



Marasmius oreades :
Marasme des Oréades, ou Marasme des montagnes,
ou Faux Mousseron, ou Mousseron de Dieppe



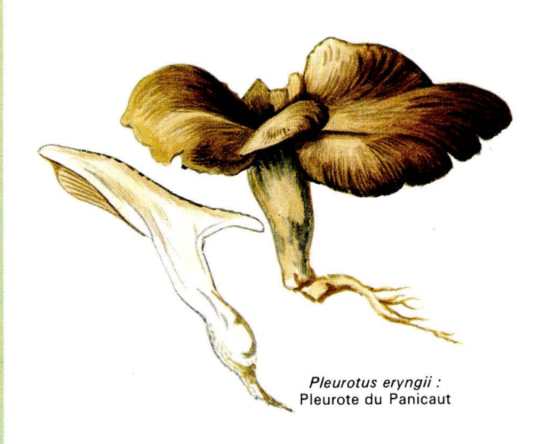
Boletus badius :
Bolet bai,
ou Cèpe des Châtaigniers



(vénéneux) *Boletus satanas :*
Bolet Satan

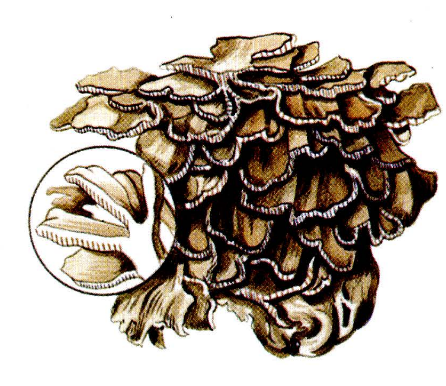


Fistulina hepatica :
Fistuline hépatique,
ou Langue de bœuf



Pleurotus eryngii :
Pleurote du Panicaut

Boletus æreus :
Bolet bronzé, ou Tête de nègre



Polyporus frondosus :
Polypore en touffe



Boletus scaber :
Bolet rude, ou Cèpe rude,
ou Bolet raboteux

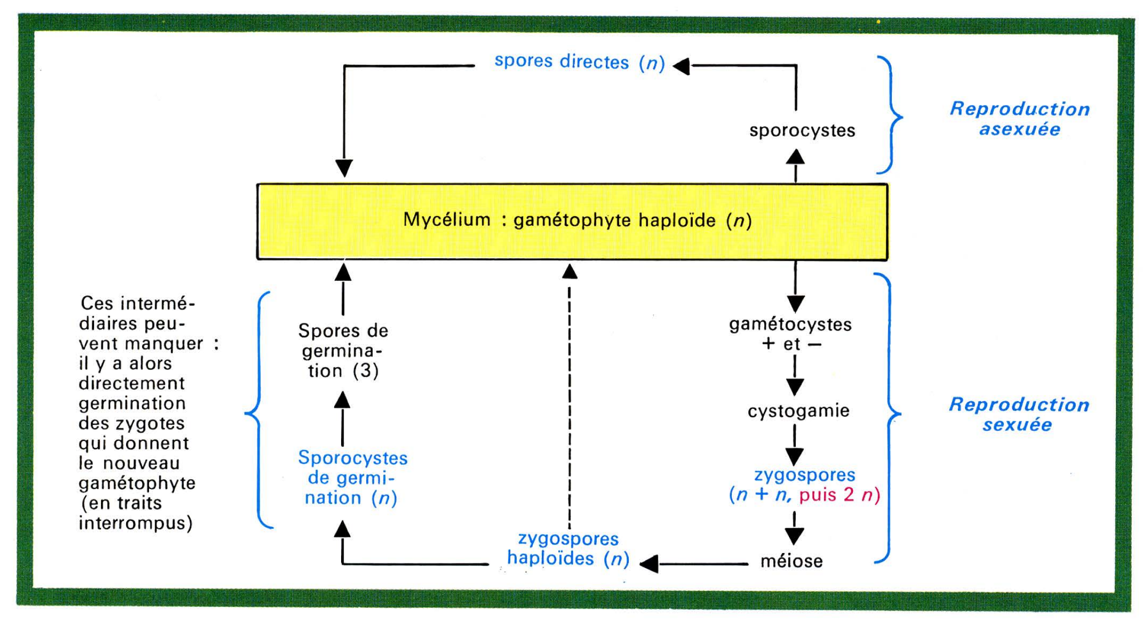


Polyporus sulfureus :
Polypore soufré



Boletus felleus :
Bolet amer


(à rejeter)



Cycle évolutif des Mucorales.

La différence majeure entre les Mucorales et les Entomophtorales a déjà été signalée : chez les Mucorales, la tête fertile des filaments devient un sporocyste fournisseur de spores; chez les Entomophtorales, elle devient elle-même une spore. De plus, comme chez les Ascomycètes et les Basidiomycètes, on rencontre ici la complication de l'*hétérothallisme* (voir p. 53).

Description de l'embranchement.

(Voir le tableau n° 8 de l'*Annexe*.)

Les Mucorales sont des moisissures généralement microscopiques qui se développent sur le pain, les débris végétaux, etc.; mycélium généralement siphonné. Elles présentent certaines ressemblances avec les Ascomycètes (par exemple l'existence, chez certaines espèces, de fructifications comparables aux fructifications à asques, etc.).

Les Entomophtorales comprennent notamment un tueur de mouches : *Entomophtora muscæ;* les mouches qu'il parasite meurent par milliers en septembre.

LES CHAMPIGNONS A ZOIDES (PHYCOMYCOPHYTES = « CHAMPIGNONS RESSEMBLANT A DES ALGUES »).

Ce sont des Champignons dont les spores et les gamètes sont *motiles :* les uns sont des *zoïdes* (zoospores et zoogamètes), munis de flagelles et nageurs, les autres, dépourvus de fouets, sont amiboïdes. Un embranchement important : les Phycomycètes, auxquels on rattachera deux groupes de position systématique incertaine : les Trichomycètes et les Myxomycètes.

Définition et classification.

Fiche signalétique.

1. Thalle siphonné (non cloisonné) comprenant de façon inconstante des éléments rhizoïdes (« à aspect de racine »), rampants et dressés.
2. Parois cellulaires cellulosiques ou chitineuses.
3. Organes reproducteurs portés par des filaments dressés. Ce sont soit des *sporocystes,* producteurs de spores (zoospores), pouvant germer directement (reproduction asexuée), soit des *gamétocystes* producteurs de gamètes motiles (zoogamètes). Zoospores et zoogamètes sont des zoïdes.
4. Zygote formé soit par *planogamie,* soit *par oogamie.* Dans ce dernier cas, les gamètes mâles peuvent être appelés des spermatozoïdes et les gamètes femelles des oosphères.
5. Cycle digénétique (gamétophyte haploïde, sporophyte diploïde) ou monogénétique (un gamétophyte haploïde ou, plus rarement, diploïde).
6. 1 500 espèces, 225 genres, 14 ordres.

Classification.

Elle repose sur la structure des zoïdes, les modes de reproduction (oogamie, etc.), la structure des thalles. Le lecteur est prié de se reporter au tableau n° 9 de l'*Annexe*.

Reproduction.

Nous nous limiterons à étudier les trois cycles qu'on rencontre chez ces Champignons. Voir schéma ci-dessous.

Description des Phycomycophytes.

(Voir le tableau n° 9 de l'*Annexe*.)

Retenons à titre documentaire les faits suivants.

Les mildious (de la Vigne, du Tabac, de la Pomme de terre) sont dus à des Phycomycètes (respectivement : *Plasmopara viticola, Phytophtora infestans* et *Peronospora tabasina*).

Les Myxomycètes ressemblent à des Animaux (Amibes ou Protozoaires flagellés), par leur nutrition (phagocytose) et leur motilité. Parmi eux, citons *Plasmodiophora brassicæ,* parasite des choux (« hernie des choux »).

Les *Trichomycètes,* parasites d'Insectes, de Crustacés et de Myriapodes, ont une position systématique incertaine.

LES LICHENS.

On sait depuis environ un siècle (travaux de Schwendener) que les Lichens ne sont pas des Végétaux distincts, mais des associations constituées par des Champignons et des Algues bleues (Cyanophycées) ou vertes (Chlorophycées). Il existe près de 20 000 « espèces » de Lichens. La plupart d'entre elles sont formées par la symbiose d'un Ascomycète avec une Algue (ce sont les Ascolichens), qu'on distingue, selon l'Ascomycète qui intervient, en Pyrénolichens et Discolichens). Quelques espèces tropicales sont formées par l'association d'un Basidiomycète et d'une Algue : ce sont les Basidiolichens.

Nous avons donné une classification simplifiée des Lichens au tableau n° 10 de l'*Annexe,* d'après le *Traité de Lichénologie* de H. des Abbayes (Paris, 1951). Nous retiendrons ici quelques idées générales.

Les Champignons qui s'associent à des Algues pour donner des Lichens ne peuvent généralement vivre, dans les conditions naturelles, d'une autre façon. Ce sont généralement des Champignons appartenant à des groupes archaïques (pour la plupart, des Lécanoriens ou des Dothidéens, voir pp. 53-55).

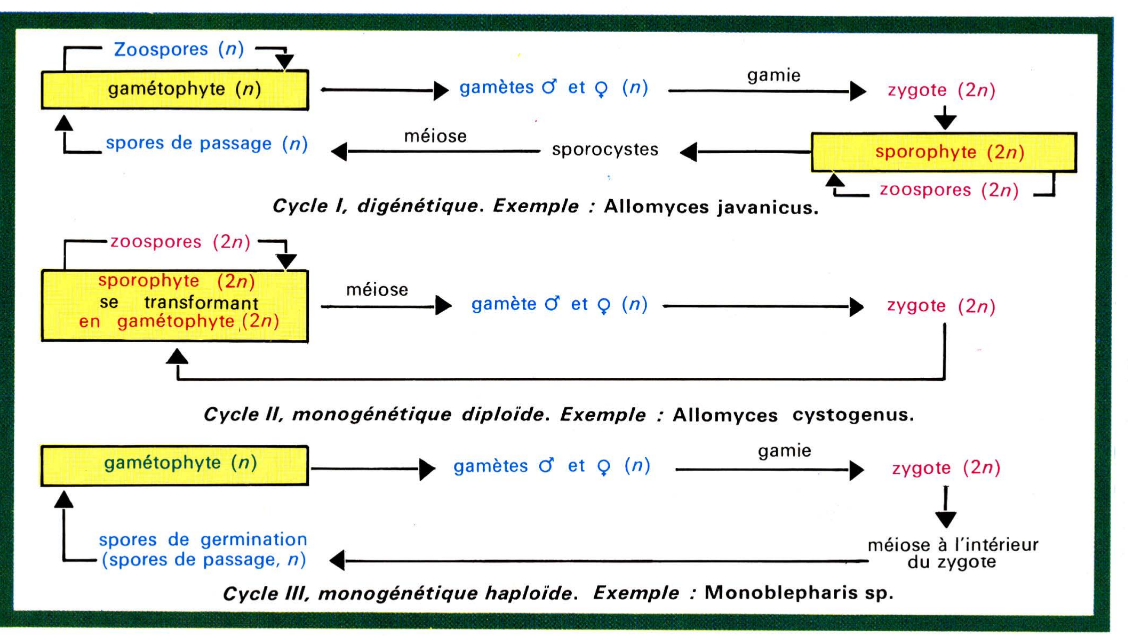
L'association a lieu avec des Algues bleues (généralement des Nostocales) ou des Algues vertes (Chlorococcales ou Trentepohliales). Contrairement à ce qui se passe pour les Champignons, les espèces d'Algues qui participent à la symbiose peuvent aussi mener une vie indépendante.

Le thalle des Lichens est constitué par la fusion entre le mycélium du Champignon et les cellules de l'Algue. Il peut prendre différents aspects (gélatineux, sec, homogène, etc.). On observe en général que les hyphes (filaments cloisonnés) des Champignons peuvent émettre des crampons qui enserrent les cellules chlorophylliennes de l'Algue (qu'on appelle des *gonidies*) dans lesquelles ils plongent des suçoirs.

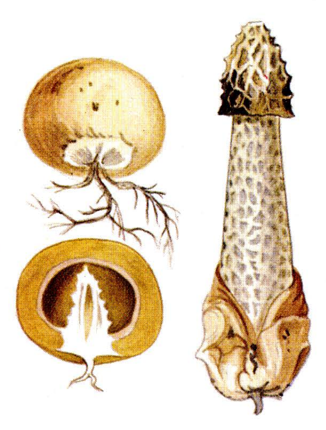
Les lichénologues discutent au sujet de la symbiose lichénique. Selon certaines théories *(théorie mutualiste),* l'association serait réciproque : les Algues produisant, grâce à leur assimilation chlorophyllienne, les matières organiques que ne peuvent fabriquer les Champignons; ceux-ci, à leur tour, fournissant aux Algues l'eau et les sels minéraux qui se trouvent dans leurs tissus ou qu'ils puisent dans le substratum. Selon les *théories antagonistes,* les Algues seraient les victimes des Champignons. Il s'agirait donc d'un parasitisme subtil : les Champignons « parasites » ne tueraient pas leur hôte, mais l'exploiteraient comme les Spartiates exploitaient autrefois les hilotes (d'où le nom de *théorie de l'hilotisme* donné à ces hypothèses).

En fait le problème est complexe. Il n'existe pas, en effet, une forme de symbiose lichénique, mais plusieurs. Néanmoins, on peut retenir la conclusion prudente de H. des Abbayes :

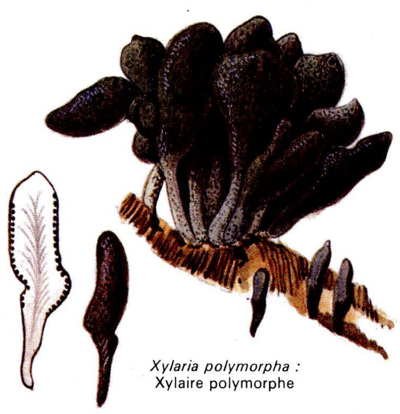
> *« Cette union est si intime et si durable dans ses formes supérieures que le Lichen n'est plus dans sa morphologie et sa biologie ni une Algue ni un Champignon mais, ainsi que le disait Tobler (1934), une véritable* Neue Einheit, *ce que nous traduirions volontiers par* Être nouveau. *»*



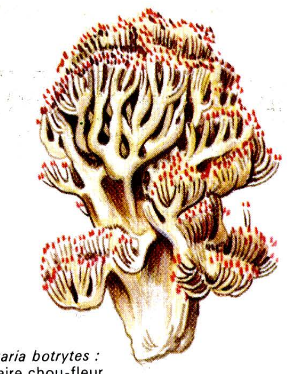
Cycle évolutif chez les Champignons.



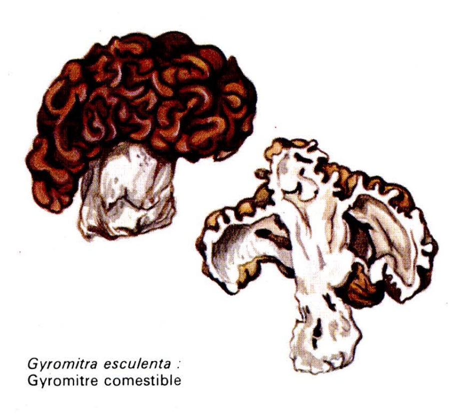
Phallus impudicus :
Satyre puant, ou Phalle impudique



Xylaria polymorpha :
Xylaire polymorphe



Clavaria botrytes :
Clavaire chou-fleur

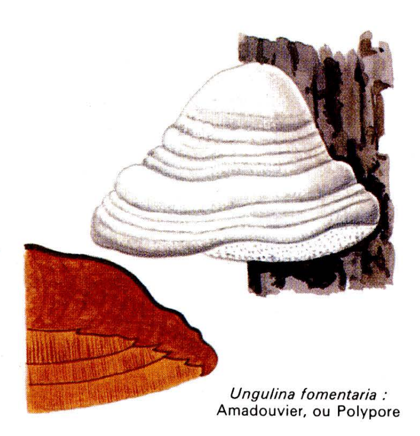


Gyromitra esculenta :
Gyromitre comestible

Peziza aurantia :
Pezize orangée



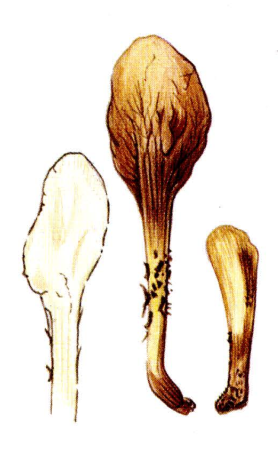
Morchella vulgaris :
Morille comestible,
ou Morille vulgaire



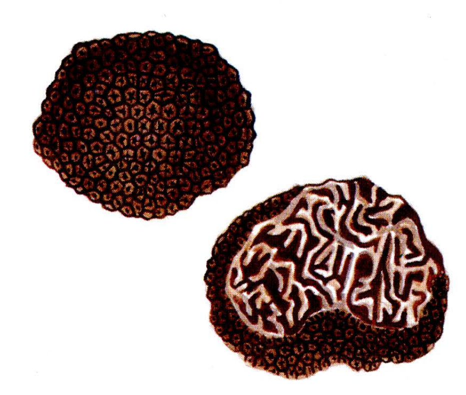
Ungulina fomentaria :
Amadouvier, ou Polypore



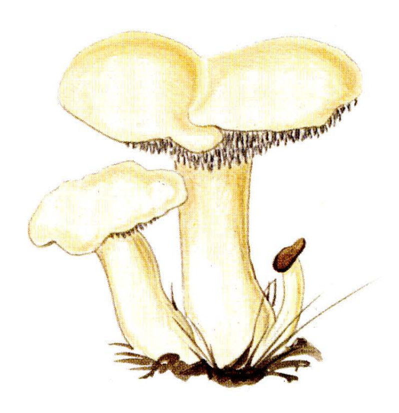
Helvella sulcata :
Oreille de Judas, ou Helvelle sillonnée,
ou Mitre d'évêque



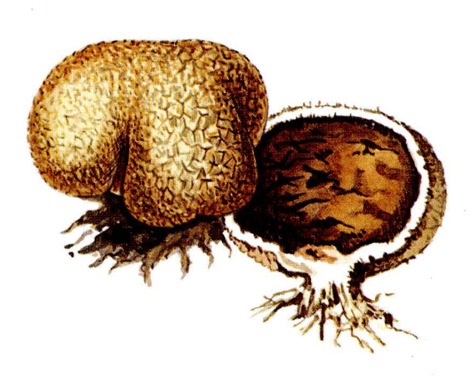
Clavaria pistillaris :
Clavaire en pilon



Tuber brumale :
Truffe d'hiver, ou Truffe musquée du Périgord,
ou Truffe puante de Provence



Hydnum repandum :
Hydne commun, ou Hydne bosselé,
ou Chevrette



Scleroderma verrucosum :
Scléroderme verruqueux

LES BRYOPHYTES OU MOUSSES

Les Bryophytes sont des plantes de petite taille, non aquatiques, mais recherchant les endroits humides ; un peu plus évoluées que les Végétaux précédemment étudiés, elles possèdent un appareil végétatif comprenant une *tige* et des *feuilles* (mais pas de racines ni de fleurs). Cet appareil est plus complexe qu'un thalle : on l'appelle un *cormus*. Les Bryophytes comprennent trois groupes : les Mousses, les Anthocérotes et les Hépatiques qui forment la classe unique des Muscinées.

SITUATION DES BRYOPHYTES DANS LE RÈGNE VÉGÉTAL.

Comparaison avec les Algues vraies.

(Voir les caractères généraux des Algues vraies p. 42).

Ressemblances.

Les Bryophytes sont des Eucaryotes, comme tous les êtres vivants autres que les Algues bleues et les Bactéries. Dans l'échelle du monde végétal chlorophyllien (dont sont exclus les Champignons), elles viennent immédiatement après les Algues vraies avec lesquelles elles ont quelques ressemblances remarquables (notamment avec les Chlorophycées, voir p. 48).

— Les cellules des Bryophytes possèdent des plastes verts formant un *appareil plastidial,* dans lequel est élaboré de l'amidon.

— Les gamètes mâles des Muscinées — dont nous étudierons plus loin la formation — semblables à ceux des Chlorophycées, sont des spermatozoïdes (et non plus des *spermaties* ou des *zoïdes* comme chez les Champignons).

Mais ces ressemblances, qui nous font soupçonner la continuité du monde végétal, sont bien peu de chose comparées aux différences que nous allons rapidement examiner.

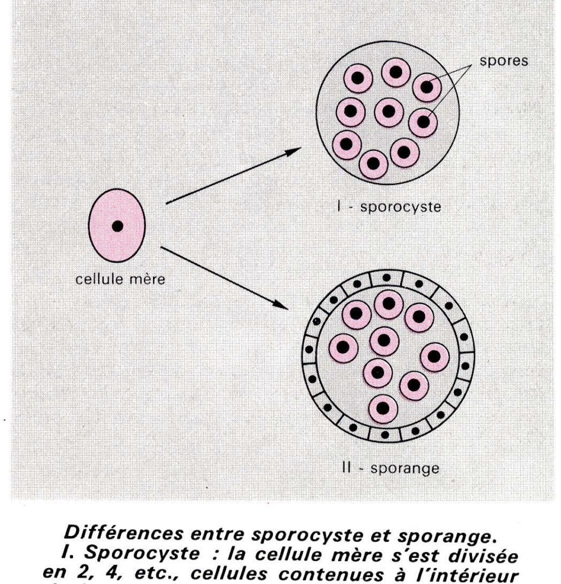
Les différences.

● *La première différence* qui saute aux yeux d'un observateur profane, c'est l'évolution de l'appareil végétatif. Les thalles les plus perfectionnés que nous avons décrits jusqu'à présent sont les *thalles à cladomes* et à *pleuridies* (voir p. 43) ; chez les Bryophytes, on voit apparaître une véritable *tige,* avec des rameaux portant des *feuilles,* c'est-à-dire un appareil végétatif qu'on nomme d'une manière générale un cormus : les Muscinées sont les plus simples des plantes à cormus.

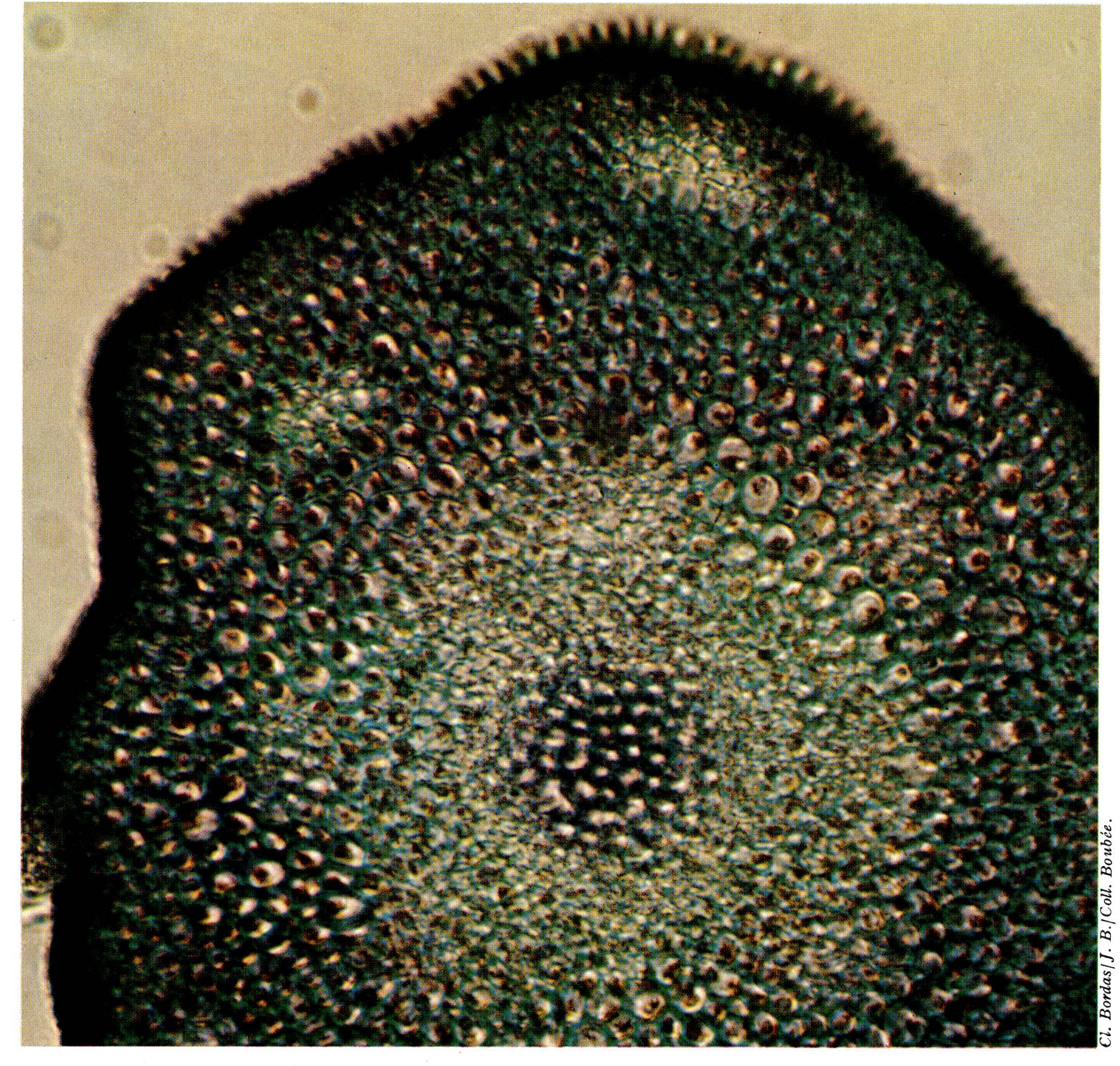
Nous avons vu qu'un thalle était généralement composé de filaments, faits d'une série de cellules indifférenciées. Un cormus est composé d'éléments qu'on appelle des *télomes,* s'allongeant par leur sommet (*croissance apicale :* voir p. 19), et formés de cellules bien différenciées constituant des tissus plus ou moins spécialisés.

Ces *télomes* peuvent bourgeonner latéralement et devenir, par spécialisation de leurs cellules : tiges, rameaux, nervures des feuilles, feuilles, etc.

● *La deuxième différence* exige un examen microscopique. Les Bryophytes produisent aussi, comme les Animaux, des spores reproductrices ; mais celles-ci se forment dans des organes plus complexes que les *sporocystes :* elles naissent dans des *sporanges.*



Différences entre sporocyste et sporange.
I. Sporocyste : la cellule mère s'est divisée en 2, 4, etc., cellules contenues à l'intérieur de la membrane primitive. — II. Sporange : les cellules produites par division de la cellule mère se divisent en deux parties : les unes constituent une enveloppe cellulaire, les autres sont des spores contenues dans cette enveloppe.

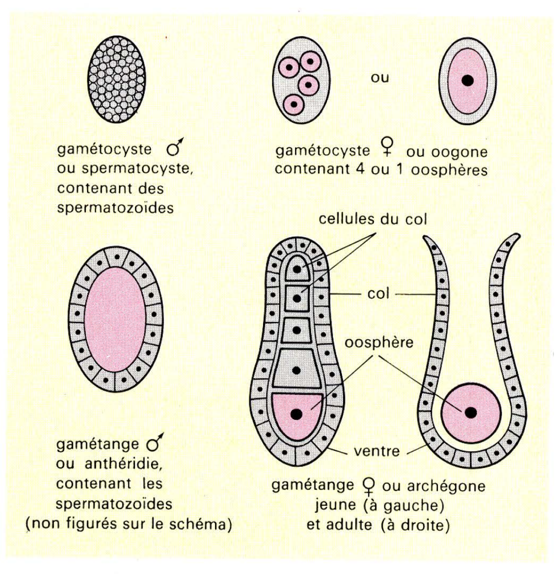


Coupe transversale d'une tige de Mousse.

● *La troisième différence* est plus importante encore ; les gamètes, mâles ou femelles, qui chez les Algues étaient contenus dans des gamétocystes mâles *(spermatocystes)* ou femelles *(oogones),* sont formés dans des *gamétanges :* gamétanges mâles ou *anthéridies,* d'où sortent les spermatozoïdes, gamétanges femelles ou *archégones,* contenant une cellule femelle unique, l'oosphère, qui subira la fécondation.

La formation de l'archégone est fondamentale. Il faut bien la comprendre pour saisir les différences qui existent entre les grands groupes de Végétaux supérieurs. Considérons donc une cellule mère destinée à devenir un gamétange (figure ci-dessous).

Les premières cellules qu'elle produit par division constituent une enveloppe fermée, pouvant comprendre plusieurs assises de cellules. Ainsi se forme un organe appelé *archégone,* renflé à la base et s'allongeant vers le haut (*ventre* et *col* de l'archégone). Quand il est jeune, le col est occupé par des cellules appelées *cellules du col ;* quand il devient adulte, les cellules du col dégénèrent et le col s'ouvre par un micropyle.



Gamétocyste et gamétange (comparer avec la figure précédente distinguant sporocyste et sporange).

La présence d'un archégone plus ou moins évolué chez tous les *Cormophytes* explique que ces plantes soient aussi appelées des *Archégoniates.*

Comparaison avec les Végétaux supérieurs et classification.

Comparaison avec les Végétaux supérieurs.

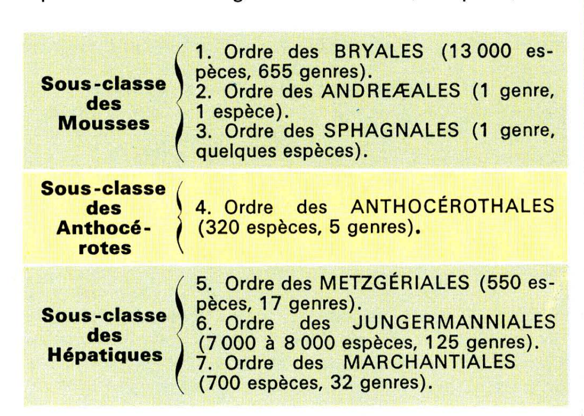
Les Bryophytes ne comprennent ni racines (comme les Fougères), ni fleurs, ni fruits (comme les Phanérogames).

Les Bryophytes n'ont pas de vaisseaux : ce ne sont pas des Végétaux vasculaires (en cela ils sont plus proches des Algues que des autres Archégoniates).

Les Bryophytes produisent des *sporophytes* (plantes porteuses de spores) parasites des gamétophytes, alors que les Végétaux supérieurs ont un sporophyte indépendant du gamétophyte.

Classification des Bryophytes.

Ainsi intercalées entre les Thallophytes et les Végétaux supérieurs, les Bryophytes forment un embranchement bien uni qui se réduit à une seule classe : celle des Muscinées (15 000 espèces, 660 genres, subdivisés en trois sous-classes : les Mousses, les Anthocérotes et les Hépatiques. La répartition en ordres repose sur des analogies de structure (voir p. 64).

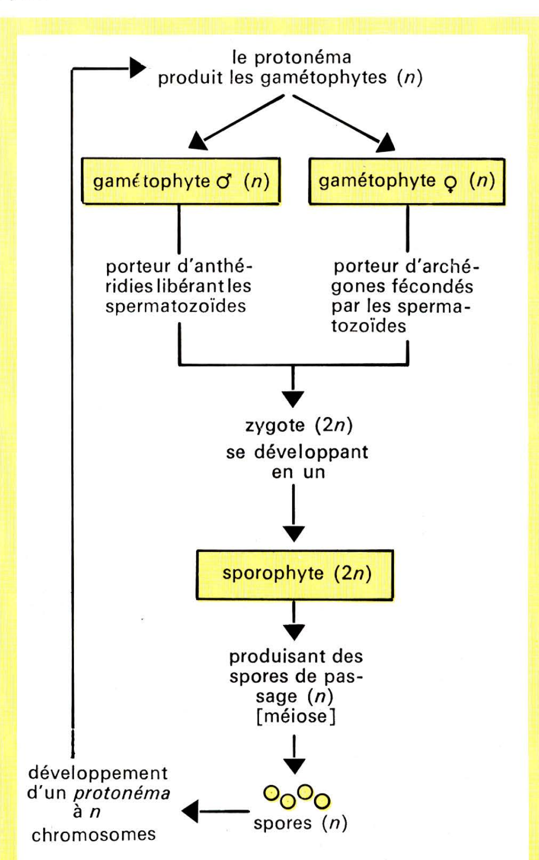


Sous-classe des Mousses	1. Ordre des BRYALES (13 000 espèces, 655 genres). 2. Ordre des ANDREÆALES (1 genre, 1 espèce). 3. Ordre des SPHAGNALES (1 genre, quelques espèces).
Sous-classe des Anthocérotes	4. Ordre des ANTHOCÉROTHALES (320 espèces, 5 genres).
Sous-classe des Hépatiques	5. Ordre des METZGÉRIALES (550 espèces, 17 genres). 6. Ordre des JUNGERMANNIALES (7 000 à 8 000 espèces, 125 genres). 7. Ordre des MARCHANTIALES (700 espèces, 32 genres).

Signalons enfin qu'il s'agit d'un embranchement très ancien ; on a des fossiles épars remontant au début de l'ère secondaire et même à l'ère primaire ; les types existaient, dans l'ensemble, au tertiaire (Éocène).

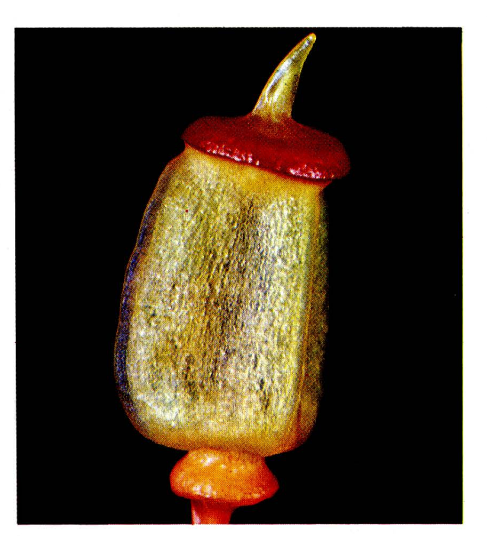
Reproduction des Bryophytes.

Elle a été étudiée p. 26. Nous en résumons ici le cycle.





I. Vue d'ensemble : la capsule (ou **sporogone***) est portée à l'extrémité du* **pédicelle***; elle est recouverte d'une* **coiffe** *quand elle est jeune.*



*III. La capsule sans sa coiffe. On observe, au sommet, un petit « chapeau » de forme conique : c'est l'***opercule**.



II. Coupe longitudinale : les spores se forment, par méiose, dans la partie centrale ; elles sont fournies par le manchon qui enveloppe la **columelle** *(en vert).*



IV. Quand les spores sont mûres, l'opercule se détache. On observe alors les **dents du péristome** *; les spores s'échappent de la capsule.*
La germination des spores est immédiate si les conditions sont favorables. Elles donnent un filament qui se ramifie en un protonéma, formant, assez rapidement, une couche verte. Sur les ramifications de ce protonéma se développent des tiges feuillées qui se détachent ensuite du protonéma. Ainsi se constitue, en peu de temps, un **coussin de Mousse.**

Photos Jean-Claude Hayon.

Capsule de Mousse Bryale (Polytrichum formosum).

Le gamétophyte est la partie dominante de la plante ; c'est sur lui — et à ses dépens provisoires — que se développe le sporophyte. C'est un cormus (tige, rameaux feuillés) autonome qui s'est développé à partir du protonéma. Il porte des gamétanges : anthéridies ou archégones, qui naissent sur la tige, à son extrémité ou latéralement, au-dessous de certaines feuilles.

— Les spermatozoïdes sont biciliés, contenus dans des anthéridies ovoïdes, pédicellées.

— Les oosphères sont inertes, dans le ventre de l'archégone (une oosphère par archégone), lui-même surmonté d'un long col.

Le sporophyte ou *sporogone* est réduit à une tige non feuillée, de petite taille, comprenant un *pied,* organe d'absorption enfoncé dans le gamétophyte, une *soie* (pédicelle plus ou moins allongé) et la *capsule,* sporogone proprement dit, dans laquelle se forment par méiose les spores à *n* chromosomes (tétraspores).

● *Il existe aussi* une multiplication végétative des Bryophytes, étudiée p. 24 : multiplication par propagules.



Cl. Prato.

***Une Mousse :* Bryum argenteum.**

archégones, est frappante. Par bien des côtés, il ressemble au *thalle* des Algues Eucaryotes : il naît d'un *protonéma* qui est une sorte de thalle et, chez les Hépatiques et les Anthocérotes, le *cormus* est nettement thalloïde (on le considère cependant comme un cormus à cause de la présence des *archégones,* qui n'existent pas chez les Thallophytes).

● *Autre caractère algal :* les spermatozoïdes nageurs. Nous avons vu que, chez les Algues, les gamètes mâles fécondent les gamètes femelles en se déplaçant dans l'eau ambiante (rosée, eau de pluie, eau du milieu pour les Algues aquatiques). Il en est de même pour ceux des Mousses : ces plantes *terrestres* ne peuvent se reproduire que s'il y a de l'eau pour permettre le voyage anthéridie-archégone des spermatozoïdes : chez la plupart des plantes supérieures, au contraire, la fécondation est aérienne.

● Le *sporophyte* est rudimentaire, dans le temps et dans l'espace, il est de petite taille et vit peu longtemps : la fécondation se fait au printemps (dans l'hémisphère boréal), mais le sporophyte n'arrive à maturité que onze mois plus tard. Chez les Végétaux supérieurs, nous verrons au contraire le sporophyte l'emporter sur le gamétophyte.

● *En fait,* la subsistance d'un Végétal est liée à ses moyens nutritifs. Nous verrons que, à partir des Fougères, apparaissent dans le sporophyte des *vaisseaux ligneux.* Ceux-ci peuvent puiser dans la terre les aliments minéraux nécessaires à la vie des plantes : dès qu'un Végétal possède des racines et des vaisseaux du bois, il peut vivre moins « pauvrement » qu'une Mousse. Quant à celle-ci, elle doit utiliser au mieux ses moyens (limités) :

— c'est toujours une plante de petite taille ;

— les feuilles — organes de transpiration, donc de *perte* d'eau — sont rudimentaires et parfois absentes quand les conditions hygrométriques sont insuffisantes ;

— c'est surtout le sporophyte qui fait les frais de cette mesure d'économie ; il n'a d'ailleurs pas besoin de feuilles (riches en chlorophylle), puisqu'il vit en parasite sur le gamétophyte et ne pratique donc pas la photosynthèse.

● *Les Bryophytes,* Végétaux archégoniates non vasculaires, sont donc plus proches des Algues que des Végétaux supérieurs. La raison générale en est leur inaptitude à fabriquer du bois, c'est-à-dire à construire un système de vaisseaux indispensable à la circulation de la sève.

● *L'évolution des Bryophytes* à partir des Algues a sans doute été fort complexe. Dans l'état actuel de nos connaissances on peut dire :

— que l'*absence de racine* est sans doute un caractère archaïque : primitivement, les Archégoniates étaient dépourvus de racines, ils ont acquis ces éléments par *évolution progressive ;*

— que l'absence de vaisseaux (bois et liber) n'est sans doute pas un caractère archaïque ; on trouve en effet, dans le sporogone de certaines Mousses, un embryon de différenciation des tissus, une *ébauche* de vascularisation. Autrement dit, il y a environ 200 ou 300 millions d'années, il existait sans doute des *Bryophytes vasculaires* (par exemple le genre fossile *Asteroxylon,* du Dévonien, que l'on considère comme une Ptéridophyte — groupe des Fougères — parce qu'il possède des vaisseaux, était peut-être une Bryophyte vasculaire). En résumé l'absence de tissus vasculaires est donc une *évolution régressive,* qui a d'ailleurs eu lieu pour tous les autres tissus des Muscinées.

DESCRIPTION DE L'EMBRANCHEMENT.

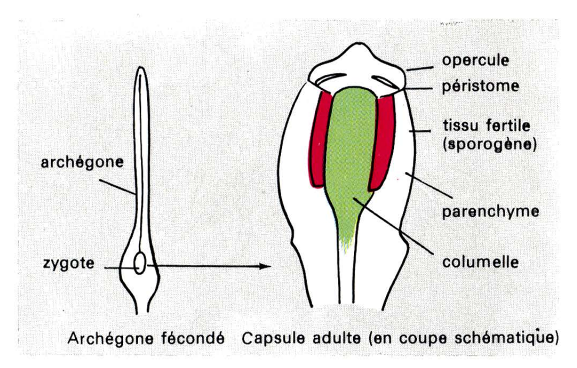
Les principes de la classification.

C'est l'examen du sporogone, c'est-à-dire du Végétal parasite à $2n$ chromosomes, développé sur le gamétophyte après la fécondation, qui permet la classification des Bryophytes. Examinons donc un sporogone classique, celui d'une Mousse Bryale par exemple. On y observe, portée par une *soie,* une *capsule* dans laquelle on distingue :

— une région stérile, appelée *columelle ;*

— une région fertile : *l'assise sporifère,* où se forment les spores (chaque cellule mère se divise en deux puis en quatre *tétraspores,* avec méiose) ; ces tétraspores remplissent toute la capsule ;

— un petit « chapeau » conique : l'*opercule,* recouvrant deux rangées de dents : le *péristome.* Opercule et péristome sont recouverts par une *coiffe.* Quand les opercules se détachent, la capsule n'est guère fermée que par ces dents qui, en se redressant, libèrent les spores.



Capsule (sporogone) schématique.

Les principaux ordres de Bryophytes ont été distingués conformément au tableau ci-dessous.

Pour le détail des divers ordres, voir le tableau n° 11 de l'*Annexe.*

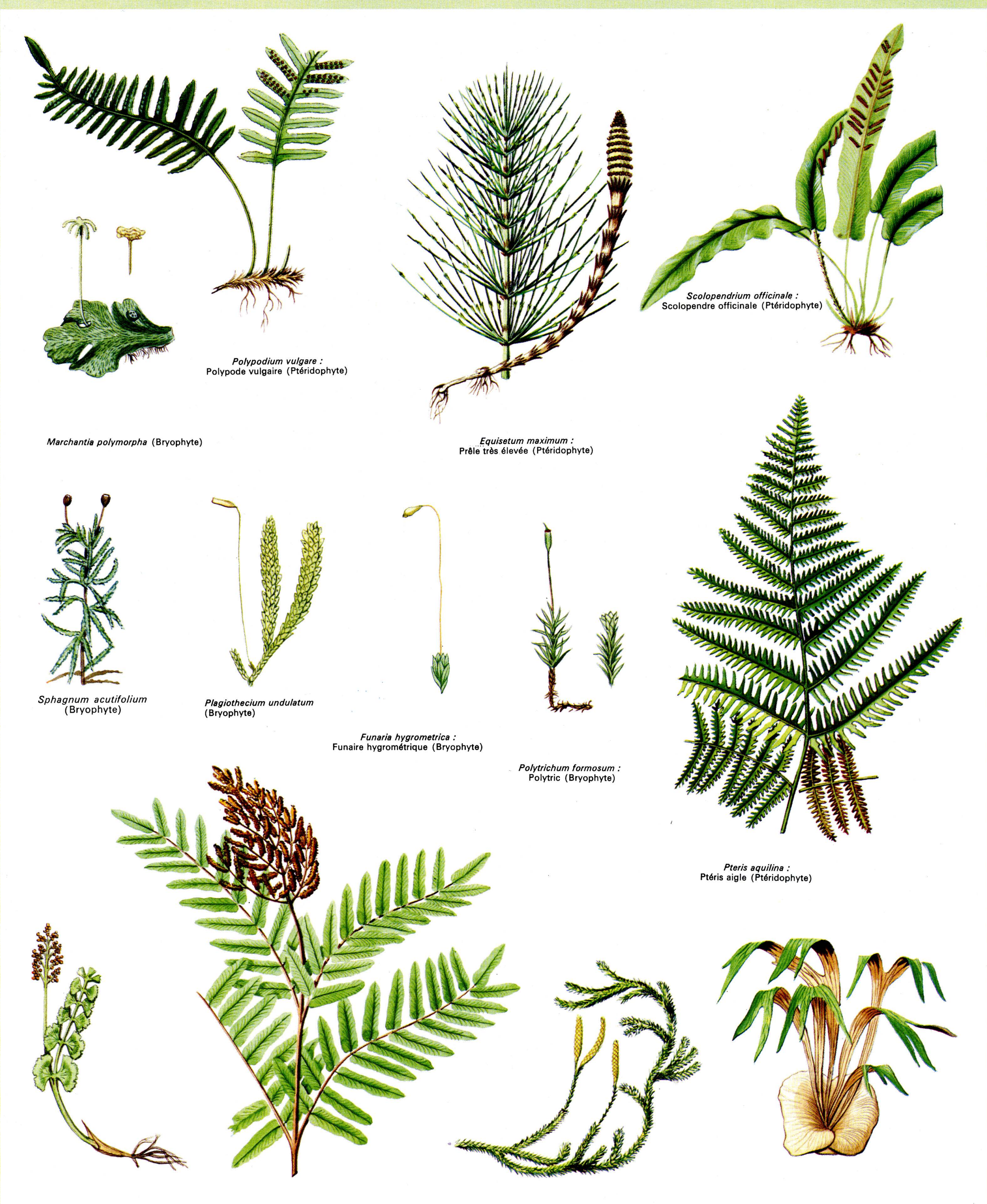
Conclusion : les Bryophytes et l'évolution.

La vie des Mousses et des Hépatiques, tout particulièrement leur vie sexuelle, est pleine d'enseignement. Plutôt que de procéder à de longues et arides descriptions, résumées d'ailleurs dans l'*Annexe systématique,* nous avons jugé utile de tirer quelques conclusions générales de leur étude.

● *L'importance du gamétophyte,* c'est-à-dire de la plante à n chromosomes qui porte anthéridies et

Capsule	Pédicelle	Déhiscence	Ordres
Une columelle ; gamétophyte feuillé (Mousses).	Bien développé.	Par chute d'un opercule.	BRYALES
	Peu développé.	Par chute d'un opercule. Par 4 fentes longitudinales.	SPHAGNALES ANDREÆALES
Columelle et élatères ; gamétophyte thalloïde (Anthocérotes).		Par 2 fentes.	ANTHOCE-ROTALES
Pas de columelle ; mais des élatères. Gamétophyte feuillé ou thalloïde (Hépatiques).	Allongé. Archégones non sur le sommet des rameaux du gamétophyte.	Par 4 fentes.	METZGERIALES
	Idem, mais archégones sur le sommet des rameaux du gamétophyte.	Par 4 fentes.	JUNGER-MANNIALES
	Très court.	Irrégulière.	MARCHANTIALES

Les ordres de Bryophytes (classe unique de l'embranchement : les Muscinées).


Polypodium vulgare :
Polypode vulgaire (Ptéridophyte)
Scolopendrium officinale :
Scolopendre officinale (Ptéridophyte)
Marchantia polymorpha (Bryophyte)
Equisetum maximum :
Prêle très élevée (Ptéridophyte)
Sphagnum acutifolium
(Bryophyte)
Plagiothecium undulatum
(Bryophyte)
Funaria hygrometrica :
Funaire hygrométrique (Bryophyte)
Polytrichum formosum :
Polytric (Bryophyte)
Pteris aquilina :
Ptéris aigle (Ptéridophyte)
Botrychium lunaria :
Brotrychium lunaire
= Langue-de-Cerf (Ptéridophyte)
Osmunda regalis :
Osmonde royale (Ptéridophyte)
Lycopodium clavatum :
Lycopode en massue
= Lycopode officinal (Ptéridophyte)
Platycerium alicorne (Ptéridophyte)

LES PTÉRIDOPHYTES OU FOUGÈRES

Ce sont des Végétaux possédant racines, tiges et feuilles, mais dépourvus de fleurs. Le groupe le plus important est celui des Fougères, qui ont donné leur nom à l'embranchement (*pteris* = « Fougère », *phuton* = « plante »).

CARACTÈRES GÉNÉRAUX.

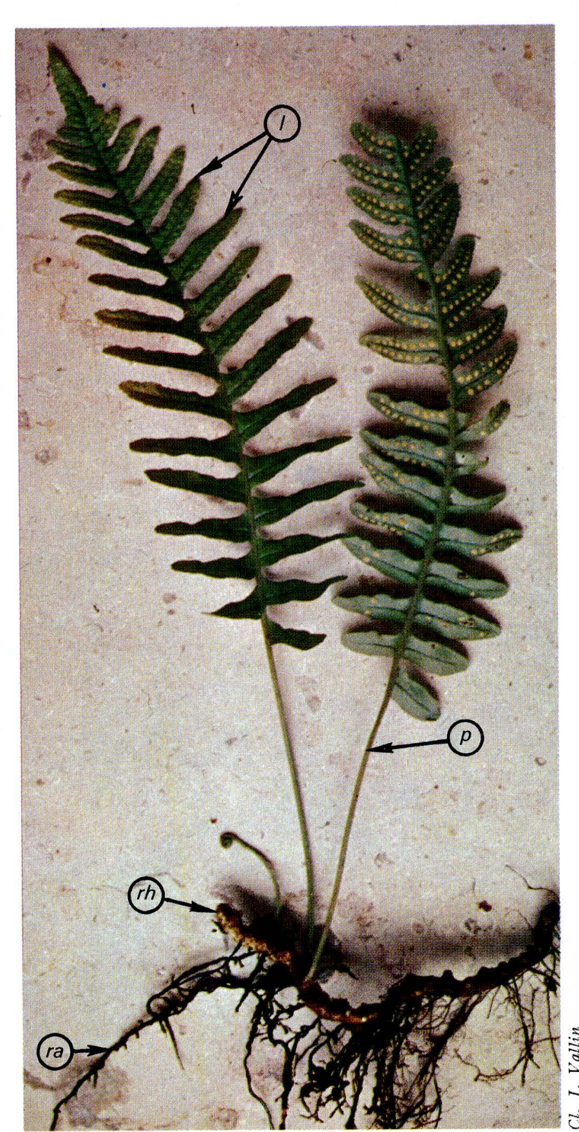
Une révolution dans le monde végétal.

Originalité des Ptéridophytes.

Examinons une Fougère, commune dans les sous-bois un peu humides, les rocailles, etc. : le Polypode (genre *Polypodium*). On constate qu'elle possède :

— une partie souterraine, de couleur brune, rampant au ras du sol : c'est la *tige* de la plante, appelée en raison de son caractère souterrain, un *rhizome* (du grec *rhiza* = « racine ») ; de ce rhizome — qui est une fausse racine — partent des filaments plus fins et plus foncés qui sont les véritables racines de la plante : on les appelle des *racines adventives ;*

— une partie aérienne : les *feuilles*. Elles sont fixées au rhizome (d'où elles naissent) par un long pétiole (qu'il ne faut pas confondre avec une tige malgré son allure dressée). Les feuilles sont très découpées ; chaque « languette » est un *lobe* (la feuille est alors dite *plurilobée*). En l'observant de près, on constate que chaque lobe est parcouru par des *nervures* qui renferment les *vaisseaux* de la plante.



Appareil végétatif d'un Polypode ; rh = *rhizome,* ra = *racines adventives,* p = *pétiole,* l = *lobes. Observer les petits boutons orange sur la face inférieure des feuilles.*

Comme les Bryophytes et les Végétaux inférieurs, les Fougères ont une vie sexuelle discrète ; elles n'ont ni fleurs ni fruits ni graines ; les phénomènes de reproduction sont *cachés*. Elles appartiennent donc, au même titre que les Algues, les Champignons et les Mousses, au monde des Cryptogames (*kruptos* = « caché » ; *gamos* = « union »). Mais, au sein de ce groupement, elles forment un embranchement à part puisqu'elles possèdent un *appareil vasculaire,* ce qui est une nouveauté biologique. C'est pourquoi les Ptéridophytes sont aussi appelées Cryptogames vasculaires.

Les vaisseaux — nommés *vaisseaux du bois* ou *vaisseaux du liber* selon la composition chimique des parois des cellules qui les constituent — existent à tous les étages de la plante, depuis les racines adventives jusqu'aux extrémités feuillues les plus éloignées du sol. Ils ont été décrits p. 11. Leur apparition est sans doute l'événement le plus important de l'histoire du monde végétal ; en effet, l'existence de l'appareil vasculaire ligneux (plus brièvement : du « bois ») résout deux problèmes jusqu'alors insolubles :

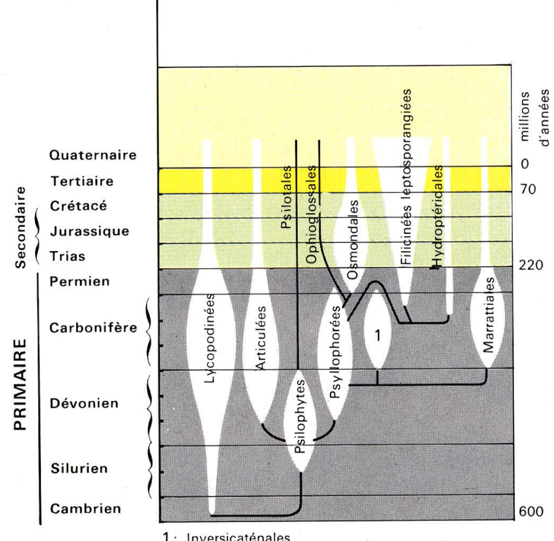
— assurer le transport des aliments (de la sève) jusqu'en des parties très éloignées du milieu nutritif (par exemple jusqu'aux extrémités des tiges aériennes, parfois très élevées) ;

— permettre à la plante de se tenir « debout », malgré sa taille (les troncs d'arbres ne sont rien d'autre qu'une tige abondamment lignifiée).

Autrement dit, l'existence d'un appareil vasculaire permet aux Végétaux d'atteindre de grandes tailles et de mener une vie aérienne (et non plus terrestre — rampante — ou aquatique).

L'histoire des Ptéridophytes.

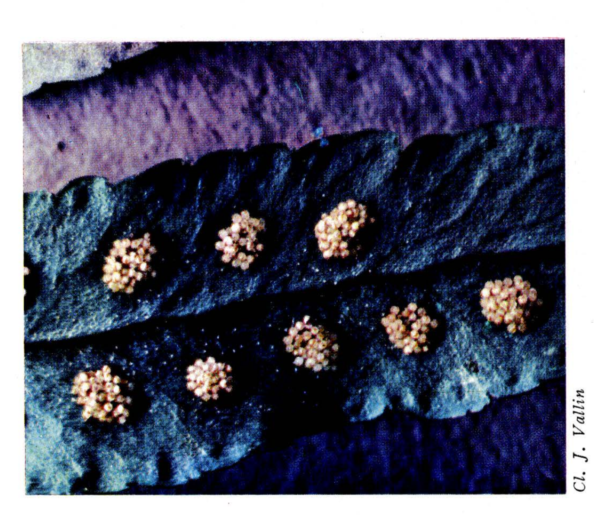
Le fossile de Ptéridophytes le plus ancien a été découvert en 1953 en Sibérie, dans des couches datant du Cambrien (500 millions d'années). C'est une espèce appelée *Aldanophyton antiquissimum*. Le schéma suivant indique comment sont apparus dans le temps les grands groupes de Ptéridophytes (les fuseaux représentant les diverses lignées sont d'autant plus larges que le groupe a été important à l'époque considérée : ainsi les Lycopodinées ont connu leur apogée au Carbonifère moyen).



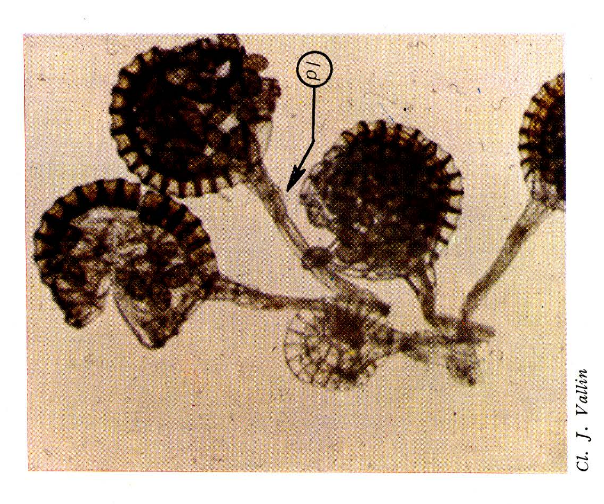
Phylogenèse des grandes lignées de Ptéridophytes (d'après Emberger et Smith).

La reproduction des Fougères.

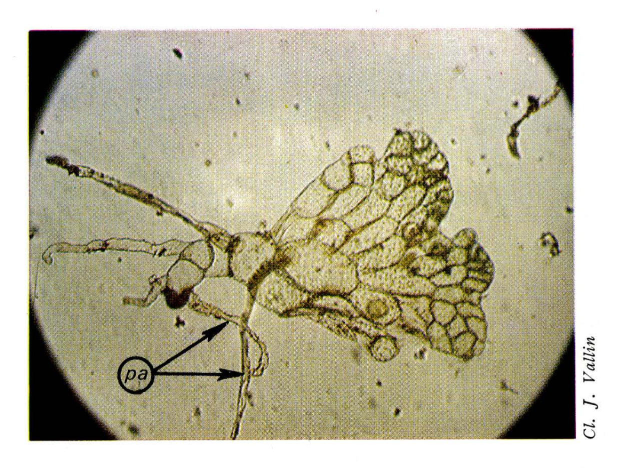
L'étude des fonctions de reproduction chez les Fougères est hautement significative, car elle nous fait découvrir un fait nouveau : l'importance croissante du sporophyte, c'est-à-dire de la plante porteuse de spores. Parallèlement, le gamétophyte — c'est-à-dire la partie de la plante portant les gamètes — passe au second plan. Cette étude est faite, étape par étape, sur les photographies commentées qui suivent.



I. Les petits boutons verts qu'on aperçoit sur la face inférieure des feuilles du Polypode deviennent des petites masses brunes, formées d'un amas de petites boules, appelé un sore (soros = « amas »). Les sores sont souvent recouverts, chez les Fougères, par une enveloppe protectrice : l'indusie.



II. Examen des boules composant le sore (× 90 au microscope). Chaque boule est portée par un pédoncule (pl) ; elle a l'aspect d'un sac, muni d'un arceau qui fait penser à une couronne. Par temps sec, cet arceau se redresse et provoque la rupture du sac, ce qui a pour effet de libérer les petits grains qu'il contient et qui sont des spores. Chaque petite « boule » est donc un sporange.

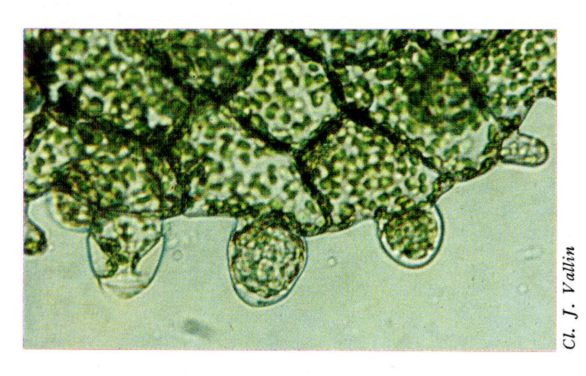


III. Une fois au sol, les spores germent (si les conditions le permettent) et donnent naissance, par prolifération cellulaire, à une petite lame végétale verte, munie de poils absorbants (pa) *: cette petite plante qui se développe avant* (pro) *le futur rameau feuillé* (thallos) *s'appelle un* prothalle *(grossissement : × 75).*



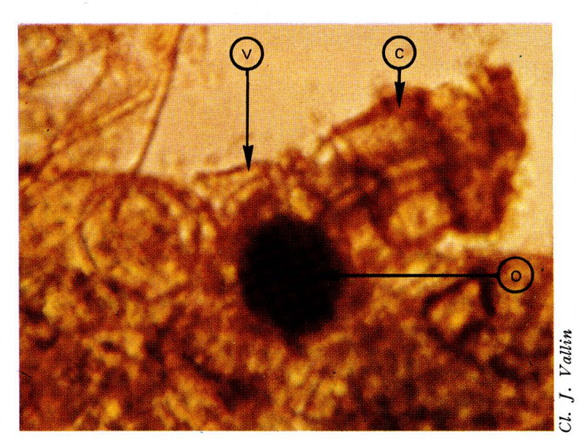
Cl. J. Vallin

IV. Le prothalle grandit jusqu'à mesurer environ 1 cm dans sa plus grande dimension; c'est à ce stade qu'il a été photographié ici (× 6).



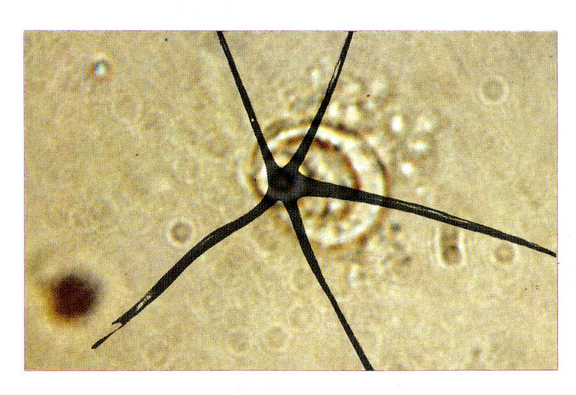
Cl. J. Vallin

V. La face inférieure du prothalle comporte des petits sacs sphériques, bien visibles sur les bords de la préparation ci-dessus; ce sont des **anthéridies** *(organes contenant des gamètes mâles ou spermatozoïdes).*



Cl. J. Vallin

VI. Au voisinage de l'échancrure du prothalle, on peut observer la présence d'archégones, comprenant un ventre **(v)**, *un col* **(c)** *et logeant un gamète femelle ou* **oosphère (o)**; *voir, p. 23 le schéma général d'un archégone.*



VII. Spermatozoïde de Fougère (× 1700) : remarquer l'aspect **spiralé** *du gamète et ses longs cils qui lui permettent de se déplacer en « nageant ».*

Ce qui est important, dans ce cycle, c'est le rôle du sporophyte, de beaucoup la plante la plus développée; le gamétophyte (prothalle) est réduit : il est petit et vit peu de temps. Voir p. 26, l'analyse du cycle biologique.

Évolution sexuelle des Ptéridophytes.

Les feuilles des Fougères produisent des sporanges contenant des spores; celles-ci, libérées de la plante, donnent un prothalle, porteur d'anthéridies et d'archégones, c'est-à-dire d'organes sexuels mâles et femelles, fournisseurs de spermatozoïdes et d'oosphères. Les sporanges et les spores sont identiques. Nous allons maintenant examiner deux groupes intéressants de Ptéridophytes : les Prêles et les Sélaginelles, qui sont plus évoluées que les Fougères, du point de vue sexuel, et qui annoncent déjà, par certains aspects de leur organisation, les Gymnospermes (voir plus loin).

La reproduction chez les Prêles.

Les Prêles sont les représentants d'un groupe de Ptéridophytes qui fut très répandu aux temps géologiques : celui des Articulées. Ce sont des plantes de petite taille (quelques dizaines de centimètres; on connaît cependant des espèces qui dépassent le mètre), vivant dans les endroits humides. Leurs tiges sont creuses, cannelées; elles apparaissent au printemps : celles qui naissent au début du printemps ont leur extrémité renflée, porteuse d'un *épi* dont les écailles supportent, à leur face inférieure, des sporanges, ce sont les *tiges fertiles*. Les tiges qui naissent à la fin du printemps ne portent pas d'épis : elles sont stériles.

Un certain nombre de faits nouveaux caractérisent la sexualité des Prêles :

— Les spores émises par les sporanges sont munies de filaments en forme de longue bandelette (les *élatères*) : elles favorisent la dissémination et, en même temps, les mouvements qu'elles exécutent, sous l'action du vent, ont pour effet de les entrelacer les unes aux autres, ce qui a comme conséquence l'entrelacement des thalles qu'elles produisent.

— Les prothalles issus des spores sont porteurs soit d'anthéridies (prothalles mâles), soit d'archégones (prothalles femelles), soit des deux à la fois; on ignore par quel mécanisme se fait cette différenciation, car les spores sont toutes identiques initialement (peut-être les spores placées en milieux nutritivement riches donnent-elles des prothalles femelles de préférence).

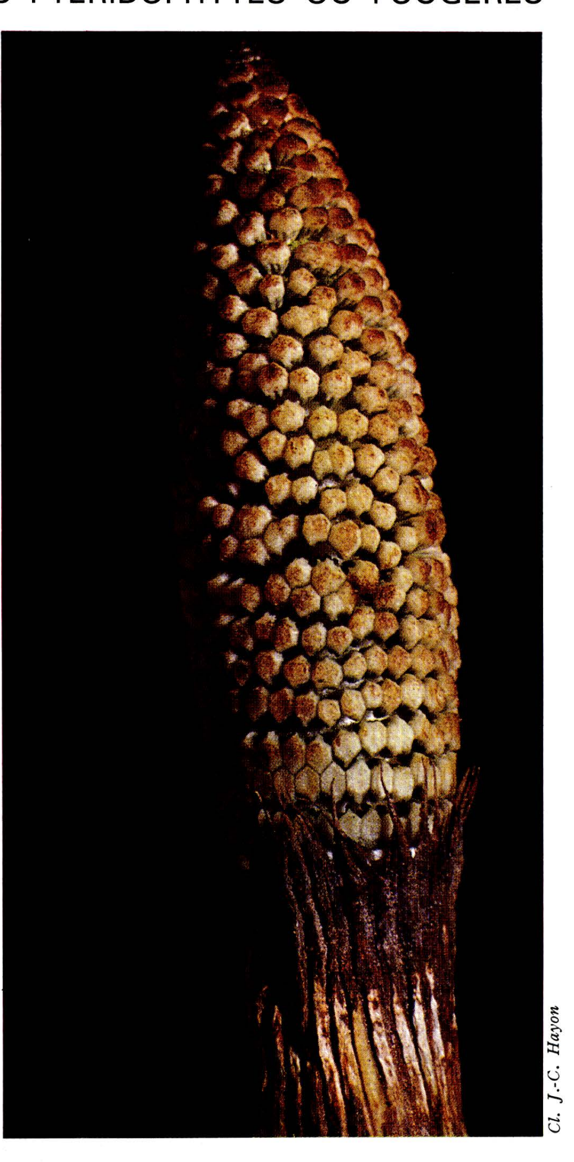
— La disposition des anthéridies et des archégones est différente : les premières sont au sommet des prothalles mâles, les seconds cachés au sein des prothalles femelles.

La fécondation et la formation d'une nouvelle plante ont lieu comme pour les Fougères.



Cl. J. Vallin

VIII. Un spermatozoïde pénètre dans le canal d'un archégone pour s'unir à une oosphère; de cette union résulte un zygote qui, en se développant, va donner une nouvelle Fougère. Au début de sa vie, le jeune Polypode, incapable de se nourrir par lui-même, reste fixé par un suçoir au prothalle (photographie ci-dessus). Puis, quand il est capable de vie autonome, le prothalle meurt : une autre plante est maintenant en vie, qui produira bientôt des spores, et le cycle recommencera.



Cl. J.-C. Hayon



Cl. J.-C. Hayon

Photographie du haut : *épi terminal d'une tige fertile de grande Prêle* **(Equisetum maximum). Photographie du bas :** *écailles porteuses de sporanges. (Pour l'aspect général de la plante, voir la planche intitulée* **Bryophytes et Ptéridophytes.)**

La reproduction chez les Sélaginelles.

Les Sélaginelles sont des plantes appartenant au groupe des Lycopodinées (voir p. 68 pour la systématique des Ptéridophytes). Nous prendrons l'exemple de *Selaginella denticulata* (tropicale, mais... on en trouve chez bien des fleuristes).

Les sporanges sont portés par des épis, comme chez les Prêles. Mais on observe une différence par rapport à celles-ci : les sporanges du sommet de l'épi sont petits (on les appelle des *microsporanges*) et fournissent des spores minuscules *(microspores)* ; ceux de la base sont nettement plus gros *(mégasporanges)* et four-

nissent des *mégaspores*. Les microspores germent et donnent des prothalles mâles (très petits); les mégaspores donnent des prothalles femelles (gros). Fécondation et développement de la nouvelle plante comme précédemment.

Ainsi la différence sexuelle augmente entre les éléments mâles et les éléments femelles; au stade où nous en sommes, on peut résumer ainsi cette évolution :

Certains Champignons, certaines Algues.	Isogamie (gamètes identiques).
Autres Champignons et Algues.	Anisogamie : gamètes différents (petits spermatozoïdes, très mobiles; grosse oosphère qui tend à s'immobiliser). Par contre, les cellules voisines des gamètes ne se différencient pas.
Mousses	Gamètes différents, mais aussi organes producteurs de gamètes différents (anthéridies, archégones).
Fougères	Gamètes différents, organes producteurs de gamètes différents, nés sur un même prothalle produit par la germination de spores toutes identiques, nées dans des sporanges identiques.
Prêles	Gamètes différents; organes producteurs de gamètes différents; prothalles porteurs de ces organes différents (mais nés de spores toutes identiques produites par des sporanges identiques).
Sélaginelles	Gamètes différents; organes producteurs de gamètes différents, nés de spores différentes (microspores et mégaspores), produites par des sporanges différents (microsporanges et macrosporanges).

Évolution de la différenciation sexuelle, des Champignons aux Sélaginelles.

DESCRIPTION SYSTÉMATIQUE.

Divisions générales de l'embranchement.

L'embranchement des Ptéridophytes se divise en 4 classes, se décomposant comme suit (en italique : les ordres fossiles) :

Classes	Ordres		
Psilophytinées	*RHYNIALES, ZOSTEROPHYLLALES, ASTEROXYLALES, PSILOPHYTALES, PSEUDOSPOROCHNALES,* PSILOTALES.		
Lycopodinées	LYCOPODIALES, *LEPIDOPHYTALES, PLEUROMÉIALES,* LEPIDOSPERMALES, ISOETALES.		
Articulées (ou Équisetinées)	*PROTOARTICULATALES, PSEUDOBORNIALES, SPHENOPHYLLALES, CHEIROSTROBALES, TRISTACHYALES, CALAMITALES,* EQUISETALES.		
Filicinées	*IRIDOPTERIDALES, STAUROPTERIDALES, CLADOXYLALES, ZYGOPTERIDALES.*	PHYLLOPHORÉES	
	INVERSICATÉNALES OSMUNDALES	Groupes intermédiaires.	
	MARATTIALES OPHIOGLOSSALES	Eusporangiées	Aphyllophorées
	FILICALES SALVINIALES MARSILEALES	Leptosporangiées	

L'embranchement des Ptéridophytes.

Nous n'étudierons ici — rapidement — que les ordres non fossiles.

Les Psilophytinées.

Ce sont les plus simples par leur organisation; elles n'ont pas de racines, pas de véritables feuilles et ressemblent donc, morphologiquement, à des Mousses. Cependant ce sont bien des Ptéridophytes, car il existe, dans leur tige, des formations ligneuses différenciées. Le seul ordre existant actuellement, celui des Psilotales, est séparé des ordres fossiles par quelque 300 millions d'années : c'est dire si son rattachement à cette classe exige quelques réserves (on en fait souvent un ordre annexe).

Les deux genres existant actuellement, *Psilotum* et *Tmesipteris,* avec respectivement 4 et 2 espèces, sont des plantes tropicales.

Les Lycopodinées.

Ce sont des Ptéridophytes à petites feuilles (type *microphylle*) ; les sporanges sont portés par des feuilles spécialisées, les *sporophylles,* souvent groupées en *épis* terminaux (voir p. 67).

● *L'ordre des Lycopodiales* n'est plus représenté que par une seule famille (Lycopodiacées), avec 2 genres et environ 200 espèces : *Lycopodium* (cosmopolites) et *Phylloglossum* dont on ne connaît qu'une espèce (australienne). Ce sont des plantes généralement petites, aux tiges grêles et rampantes dont seules les extrémités se redressent.

● *L'ordre des Lepidospermales* est entièrement fossile, à l'exception du seul genre *Selaginella* (Sélaginelles), qui constitue à lui seul la famille des Sélaginellacées, avec 800 espèces (connues depuis le carbonifère inférieur). Nous avons étudié les fonctions de reproduction des Sélaginelles plus haut (p. 67).

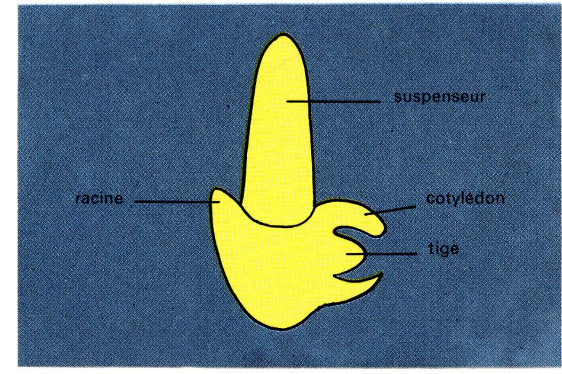
● *L'ordre des Isoetales* est lui aussi assez restreint : une famille (Isoetacées), et 2 genres : *Isoetes* (60 espèces terrestres ou aquatiques) et *Stylites* (1 espèce péruvienne). Ce sont de petites plantes herbacées, à axe souterrain court, souvent réduit à un tubercule noirâtre.

Une comparaison de ces trois ordres est intéressante; elle a été résumée sur le tableau suivant. Les principaux caractères comparés figurent dans la colonne de gauche; certains d'entre eux exigent une petite explication (donnée à la suite du tableau).

Caractéristiques	Lycopodiales	Sélaginelles	Isoétales
Suspenseur	+	+	0
Rhizophore	0	+	+
Ligule	0	+	+
Nombre de cotylédons	1	2	1
Nombre de cils des spermatozoïdes	2	2	plusieurs
Isosporie (spores toutes identiques), ou hétérosporie (spores différentes)	Isosporie	Hétérosporie	Hétérosporie

Les ordres des Lycopodinées.

— *Suspenseur :* l'embryon est lié au prothalle femelle sur lequel il se développe, par un *suspenseur,* du moins en général; cet embryon peut se représenter schématiquement de la façon suivante :



Embryon de Lycopodinée (schématique).

— *Cotylédons :* c'est le nom qu'on donne à la (ou aux) feuille(s) primordiale(s) qui se développe sur l'embryon (voir schéma ci-dessus).

— *Ligule :* lame membraneuse qui se développe à la base et sur la face supérieure des jeunes feuilles chez certaines Lycopodinées.

— *Rhizophore :* organe de quelques millimètres (chez les espèces terrestres), ou au contraire beaucoup plus long (chez les espèces aquatiques), qui ressemble à une racine et qui pousse à la base des rameaux de certaines plantes.

La présence d'un élément est indiqué par le signe +; son absence par le signe 0.

Les Articulées.

Classe caractérisée par une tige divisée en *articles* successifs, cannelée, portant à chaque nœud des feuilles réduites, disposées en cercle *(verticillées)* ; c'est à cette classe qu'appartiennent les Prêles. Les sporanges sont portés par des organes spéciaux, représentés sur les photographies de la p. 67.

Il ne subsiste plus de ce groupe, très répandu au Carbonifère, qu'un seul genre, cosmopolite : *Equisetum* (Prêles). Si certaines espèces peuvent être de grande taille (*E. maximum :* jusqu'à 2 m de haut; *E. giganteum,* liane sud-américaine : 12 m environ), les Prêles sont en général de petites plantes. Nous avons déjà précisé que leurs spores portaient de petites ailes *(élatères)*. 25 espèces connues.

Les Filicinées.

Plantes caractérisées par leurs grandes frondes (*mégaphylles* = grandes feuilles); sporanges petits et nombreux. Nous n'étudierons pas les nombreux ordres fossiles.

Les Osmundales.

Ordre intermédiaire, certainement archaïque. 1 famille (Osmundacées), 3 genres vivants : *Osmunda* (cosmopolite), *Todea* et *Leptopteris. Osmunda regalis* est la plus belle Fougère française.

Caractères archaïques : les sporanges sont grands; il n'y a pas de sore ni d'indusie pour les protéger; spores très nombreuses dans les sporanges et spermatozoïdes très nombreux dans les anthéridies.

Aphyllophorées eusporangées.

● *Caractères généraux.*

— Ce sont des Fougères dont les feuilles sont insérées directement sur l'axe principal de la plante (aphyllophorées).

— Le sporange de ces Végétaux se forme à partir d'un groupe de cellules (et non pas d'une cellule unique) et sa paroi comporte plusieurs couches de cellules (et non une seule).

Deux ordres : les Marattiales et les Ophioglossales.

● *Les Marattiales.* 1 famille, 7 genres, 100 espèces; ce sont dans l'ensemble des plantes tropicales ou intertropicales, arborescentes, au tronc court et au port de Palmiers. Les feuilles sont enroulées en crosse au début de leur développement.

● *Les Ophioglossales.* 1 famille, 3 genres : *Ophioglossum* (50 espèces), *Botrychium* (40 espèces) et *Helminthostachys* (1 espèce en Malaisie). Ce sont des plantes herbacées, généralement de petite taille, à tige souterraine, sur laquelle se développe une feuille unique, à l'extrémité d'un pétiole relativement long et qui meurt chaque année.

Aphyllophorées leptosporangées.

Elles se distinguent des précédentes par le fait que les sporanges naissent d'une cellule unique, épidermique et possèdent une paroi à une seule couche de cellules.

● *Les Filicales.* C'est l'ordre le plus important (21 familles); dans l'ensemble : belles Fougères à frondes arborescentes. Dans la flore française, on peut citer deux genres : *Dryopteris filix mas* de la famille des Aspidiacées ou Fougère mâle (terme qui n'a aucun rapport avec la sexualité de la Fougère, car elle a été baptisée ainsi bien avant qu'on connaisse le mécanisme des fonctions de reproduction chez les Ptéridophytes) et *Pteris* (*P. aquilina* est la Fougère grand aigle, qui peut atteindre 2 m de hauteur) de la famille des Ptéridacées. Parmi les Filicales intertropicales, certaines ont des feuilles immenses, ressemblant à un grand rameau feuillé (*Lygodium :* les feuilles peuvent atteindre 30 m de long).

● *Les deux autres ordres* sont moins étendus. Ils réunissent des plantes flottantes (Salviniales; Marsiléales).

Le lecteur est prié, pour plus de détails, de se reporter à l'*Annexe systématique*.

GÉNÉRALITÉS.

Les Phanérogames sont des Végétaux dont certaines feuilles se sont spécialisées à outrance dans les fonctions de reproduction : elles ne portent plus de simples sporanges producteurs de spores qui, en germant hors de la plante, donnent des prothalles mâles ou femelles, fournisseurs à leur tour de gamètes dont l'union donnera naissance au zygote, mais des organes hautement différenciés à l'intérieur desquels il y a, sur la plante elle-même, production de spores, formation de prothalles et de cellules sexuelles : les *étamines* (organes mâles) et les *ovules* (organes femelles). L'ensemble de toutes ces feuilles modifiées forme une *fleur*, plus ou moins évoluée. Lorsque les ovules sont *nus* (*gumnos* en grec), les Phanérogames sont dites *Gymnospermes;* le cas des ovules protégés est celui des Phanérogames angiospermes.

L'évolution de la sexualité végétale : des Fougères aux Sapins.

Pour comprendre le rôle de l'ovule, il est bon de reprendre l'histoire du règne végétal au point où nous l'avons laissée précédemment, c'est-à-dire aux Sélaginelles. Nous allons constater, en nous élevant dans la hiérarchie des plantes, la transformation des sporanges en ovules.

Reproduction des Sélaginelles.

Comme chez les Prêles, les sporanges des Sélaginelles sont groupés en *épis* (voir photographies p. 67), avec, au sommet de la plante, des microsporanges produisant une poussière de *microspores* et, à sa base, des macrosporanges dans lesquels il n'y a que 4 spores, très grosses, les *mégaspores.* Les sporanges sont portés par des feuilles spécialisées, les *sporophylles* (*phullon* = « feuille »).

Les schémas suivants expliquent le déroulement des fonctions de reproduction chez la Sélaginelle; le lecteur remarquera leur complexité, par rapport à la sexualité des Fougères (voir p. 66) et surtout le rôle important (et nouveau) du macrosporange : les mégaspores se développent sans s'en échapper et les modifications qu'elles subissent (paroi épaissie, matière de réserves, etc.) leur permettent de « protéger » l'embryon après la fécondation.

Étape intermédiaire : les « Fougères à graines ».

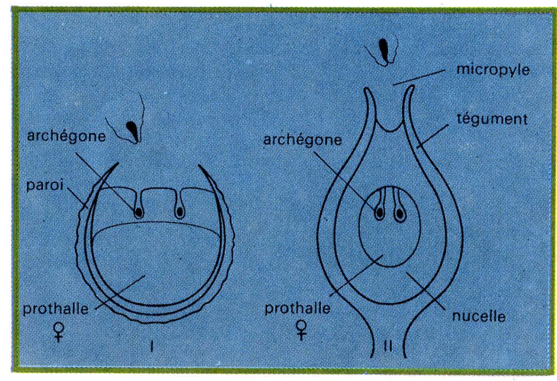
Ce sont des plantes fossiles qui constituent l'ordre des Ptéridospermales (voir p. 72) et que l'on a longtemps prises pour des Fougères (c'est-à-dire pour des Cryptogames, sans fleurs ni graines). Leurs frondes étaient en tous points comparables à celles de nos Fougères actuelles, mais elles portaient, au lieu de sporanges, des organes plus complexes : des *ovules* (ne pas confondre le vocabulaire botanique et le vocabulaire zoologique : chez les Animaux, l'ovule est le *gamète* femelle produit dans l'ovaire; chez les Végétaux, l'ovule est un *organe* dans lequel sont produits les gamètes femelles ou oosphères; l'ovaire n'existe que chez les Végétaux supérieurs : c'est l'organe contenant un ou plusieurs ovules).

— Au lieu de mégasporanges, les feuilles « femelles » portent un ou plusieurs organes spécialisés, les ovules; chaque ovule est enveloppé par l'une des folioles de la feuille qui le porte, foliole qui forme son tégument externe (chez les Angiospermes, celui-ci est généralement doublé par un tégument interne, propre à l'ovule).

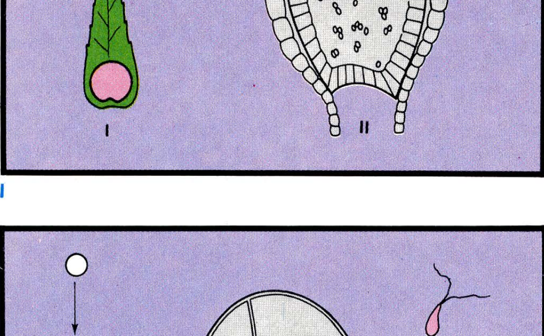
— Le tissu qui remplit l'ovule est le nucelle (du latin *nux* = « noix ») ; c'est à partir d'une cellule du nucelle que se constitue l'équivalent du prothalle femelle des Ptéridophytes (c'est-à-dire l'endosperme, dans lequel se différencient des archégones, chez les Gymnospermes).

— La fécondation a lieu sur la plante et non au sol comme chez les Sélaginelles : le zygote est ainsi particulièrement protégé.

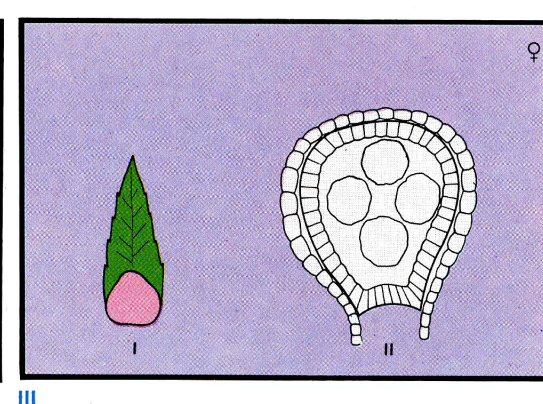
La figure ci-dessous permet la comparaison entre un mégasporange de Sélaginelle et un ovule; noter l'importance du nucelle, l'existence des téguments, s'ouvrant vers l'extérieur par un micropyle (par lequel s'introduisent les spermatozoïdes). Lorsqu'une oosphère est fécondée, l'ovule subit des modifications qui le transforment en *graine :* dans la graine, la vie est « en conserve », elle ne se manifestera que dans des conditions favorables (température, humidité, etc.) par la *germination* (développement de l'embryon qui devient une nouvelle plante).



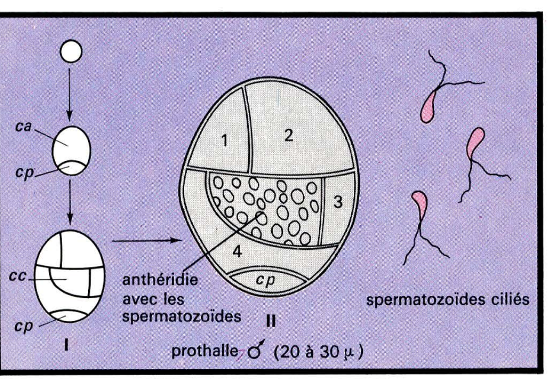
A gauche : mégasporange de Sélaginelle; à droite : ovule (schématique) destiné à devenir, après fécondation, une graine.



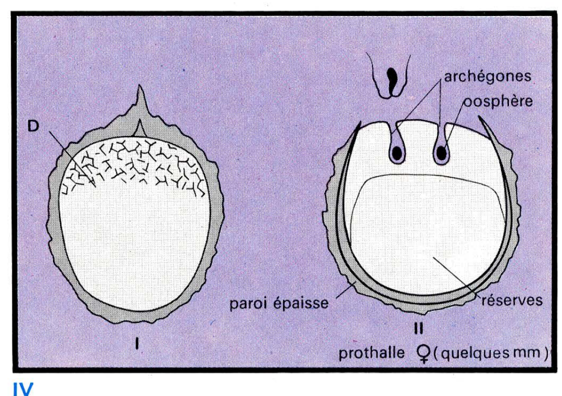
I



III



II



IV

***I. La « petite » feuille** (mégasporophylle) **représentée en I est porteuse d'un** microsporange **(II) dans lequel les cellules mères des spores subissent la** méiose **et donnent des** microspores.*

II. Le contenu d'une microspore se divise (I) en deux cellules inégales : la plus petite ne se développe plus, c'est la cellule** prothallienne (cp); **la plus grande, ou** cellule anthéridiale (ca) **poursuit ses divisions, jusqu'à donner un groupe de 12 cellules, dont 4 sont les** cellules centrales (cc; **sur le schéma I, on en a figuré une seule). Le développement s'arrête à ce stade (1 cp et 12 cellules d'origine anthéridiale); puis le microsporange s'ouvre et les spores sont dispersées sur le sol. Les divisions des 4 cellules centrales reprennent et donnent successivement 8, 16, 32, 64 et enfin 128 petites cellules ciliées : les** spermatozoïdes. **Le prothalle mâle comprend donc 256 spermatozoïdes enfermés dans une** anthéridie **(II) dont les parois sont formées à partir des 8 cellules non centrales.

III. La « grande » feuille (I)** (mégasporophylle) **est porteuse d'un** mégasporange **(II) dans lequel se forment 4** mégaspores **(environ 20 fois plus grosses que les microspores) qui se développent à l'intérieur du mégasporange.

IV. Développement d'une mégaspore. Le protoplasme se contracte et se détache de la paroi (I). Le noyau se divise activement et, dans la spore, trois parties bien distinctes apparaissent : une couche de cellules épaissies, le** diaphragme **(D), une zone multinucléée (mais sans parois cellulaires), très riche en amidon (réserves nutritives), située en dessous du diaphragme, et, au-dessus de celui-ci, une petite zone où apparaissent, dans le cytoplasme, des cloisons. A ce stade la paroi de la spore se déchire, et le prothalle femelle est exposé à l'air libre; à sa surface se forment de nombreux** archégones **(II).



Reproduction d'une Sélaginelle.

Gymnospermes et Angiospermes.

Passons par-dessus plusieurs autres étapes intermédiaires (celle des Ginkyoales par exemple; voir p. 73). Au terme de cette évolution, nous rencontrons des plantes dont les feuilles « femelles » — les *mégasporophylles* des Sélaginelles — sont porteuses d'ovules caractéristiques, décrits plus loin : ce sont les Conifères (Pins, Sapins, Séquoias, etc.) et les différents ordres de Gymnospermes, caractérisés par leurs ovules nus, c'est-à-dire non protégés contre les dangers du monde extérieur, et que les grains de pollen, formés sur les feuilles « mâles » *(microsporophylles),* porteurs des spermatozoïdes, viennent aisément féconder.

Parmi ces Gymnospermes, on isolera une plante découverte en 1860 par le botaniste autrichien Welwitsch et appelée *Welwitschia mirabilis,* dont l'ovule annonce la dernière étape de la différenciation sexuelle.

Ce « terminus » est représenté par des plantes dont les ovules sont logés dans des feuilles hautement spécialisées, les *carpelles,* qui forment un sac, une cavité creuse (en grec : *aggeion*), d'où le nom d'Angiospermes donné à ces Végétaux.

Définition et classification des Gymnospermes.

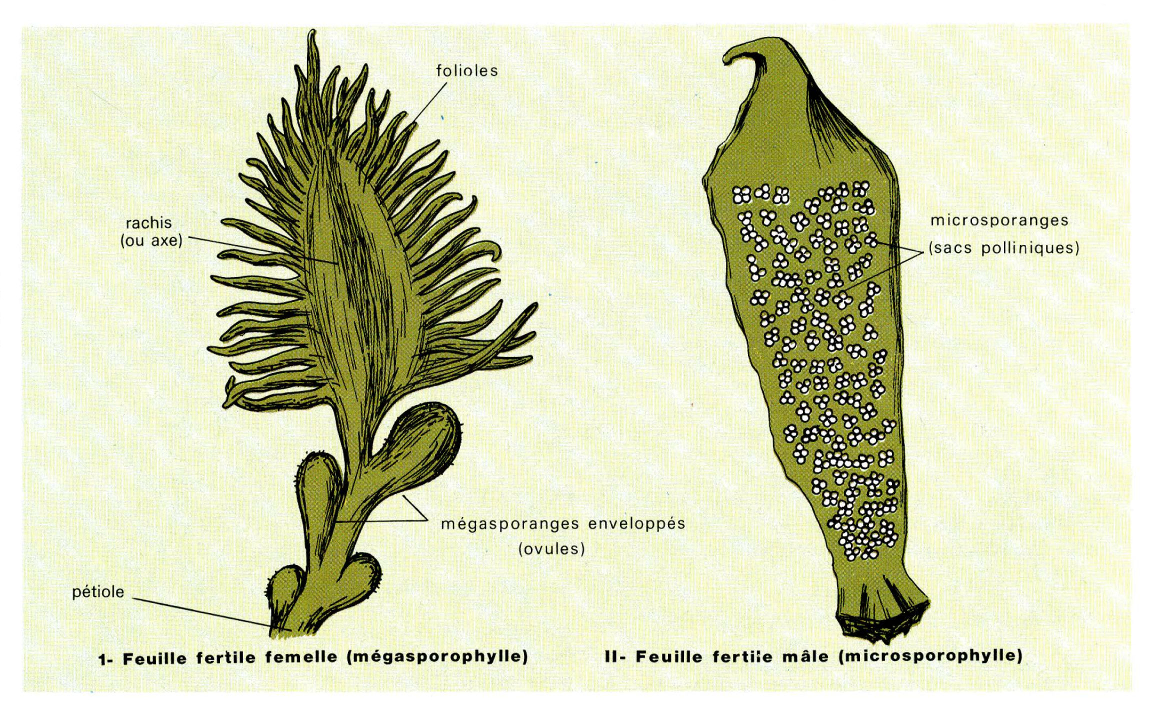
« Mon beau sapin, roi des forêts... » Quel est l'enfant qui n'a pas chanté ce refrain ? Qui n'a pas eu l'occasion de contempler une belle forêt de Pins ou de Mélèzes, d'inscrire « If » sur une grille de mots croisés à partir de la définition : « arbre toujours vert » ? Sapin, Mélèze, Pin, If appartiennent au sous-embranchement des Gymnospermes (au féminin pluriel), *plantes à ovules nus* qui forment, avec les Angiospermes l'embranchement des *Spermatophytes* ou embranchement des *Phanérogames*. L'appareil végétatif des Spermatophytes est la « plante productrice de spores » ou, plus scientifiquement, le *sporophyte*.

Caractères généraux des Gymnospermes.

Les Gymnospermes, qui furent très nombreuses et très variées au cours de l'ère secondaire, ne sont plus très diversifiées aujourd'hui. Le seul ordre bien représenté est celui des *Coniférales* (Pin, Sapin, etc.) et encore ne réunit-il pas plus de 416 espèces. Mais les Coniférales sont tellement répandues (forêts de Conifères, arbres résineux, toujours verts, dont les feuilles, qui ne sont très souvent que des « aiguilles », vivent plusieurs années et ne tombent pas toutes à la fois) que leur présence marque fortement les paysages des régions tempérées et même froides.

Les Gymnospermes sont donc en général des arbres, certaines sont des arbustes. Elles ne se présentent jamais que sous le seul aspect d'un sporophyte : les spores portées par la plante germent sur celle-ci et engendrent des prothalles qui restent prisonniers des sporanges dans lesquels ils se sont développés (on les appelle des *endospermes*). Il n'y a donc pas, comme chez les Fougères, deux générations de plantes : un sporophyte (le Végétal proprement dit, avec ses frondes) puis un gamétophyte (les prothalles), mais un seul organisme représenté par l'appareil végétatif (arbre ou arbuste).

● *Sporanges, spores et fleurs.* Les feuilles modifiees productrices de sporanges (sporophylles) sont moins nombreuses et, en même temps, plus différenciées que chez la plupart des Ptéridophytes ; elles sont généralement groupées en *cônes*, et sont très petites (microsporophylles) ou au contraire grandes (mégasporophylles) selon qu'elles sont mâles (productrices de spermatozoïdes) ou femelles (productrices d'oosphères). Ces feuilles, qui ne peuvent plus être confondues avec des feuilles ordinaires, forment donc des *fleurs* rudimentaires ; lorsque nous étudierons les Angiospermes, nous verrons qu'elles se transforment et se compliquent considérablement.



Éléments d'une fleur femelle et d'une fleur mâle de Cycas *: il s'agit encore de simples feuilles, modifiées par la présence des méga- et des microsporanges. Observer que la « feuille mâle » ressemble déjà à une écaille. (Schéma d'après Lecomte et Mangenot.)*

Chez certaines espèces, fleurs mâles et fleurs femelles sont portées par un même pied *(monoécie)* ; chez d'autres, elles appartiennent à des pieds différents.

● *L'appareil végétatif* des Gymnospermes est caractérisé entre autres par l'existence de vaisseaux imparfaits dont les parois sont percées de ponctuations spéciales appelées *ponctuations aréolées*.

Les tissus secondaires, c'est-à-dire issus de cambiums (voir p. 11), dont seules, chez les Ptéridophytes, des formes fossiles étaient pourvues, sont communs chez les Gymnospermes. Le bois et le liber sont disposés, comme chez les Dicotylédones, en couches successives empiétant sur l'écorce.

Le tronc est édifié grâce à ces formations secondaires ; il est généralement très ramifié : l'exemple du Sapin ou du Pin est banal ; certains ordres (les Cycadales) rappellent le port des Palmiers. Les branches portent des feuilles de forme variée : en aiguilles ou en écailles chez les Coniférales, ressemblant à des feuilles de Palmier chez les Cycadales, etc. Un appareil sécréteur, souvent bien développé, produit, par synthèse, des résines (Coniférales) ou des gommes (Cycadales).

Des plantes contemporaines des Dinosaures.

Les Dinosaures, qui apparurent au Trias (il y a 225 millions d'années) et s'éteignirent à la fin du Crétacé (65 millions d'années), ont vécu dans un paysage végétal façonné par les Gymnospermes. Au Jurassique (il y a 150 millions d'années environ), ces plantes représentaient probablement 40 % de la flore terrestre. Comme on peut le voir sur le schéma ci-contre, les Coniférales n'étaient pas le seul groupe présent : elles voisinaient avec les Bennettitales, les Cycadales, les Nilssoniales, les Ginkyoales. Mais il y avait des Gymnospermes sur la Terre bien avant l'ère des grands reptiles. Pendant l'ère primaire (plus précisément au Dévonien, il y a quelque 400 millions d'années) apparurent des plantes longtemps classées parmi les Fougères en raison de la similitude des appareils végétatifs. En fait, il ne s'agissait pas de Fougères, mais de plantes à graines (*Ptéridospermales* : « Fougères à graines »), intermédiaires entre les Fougères proprement dites (Ptéridophytes) et les Gymnospermes typiques, comme nous l'avons vu plus haut.



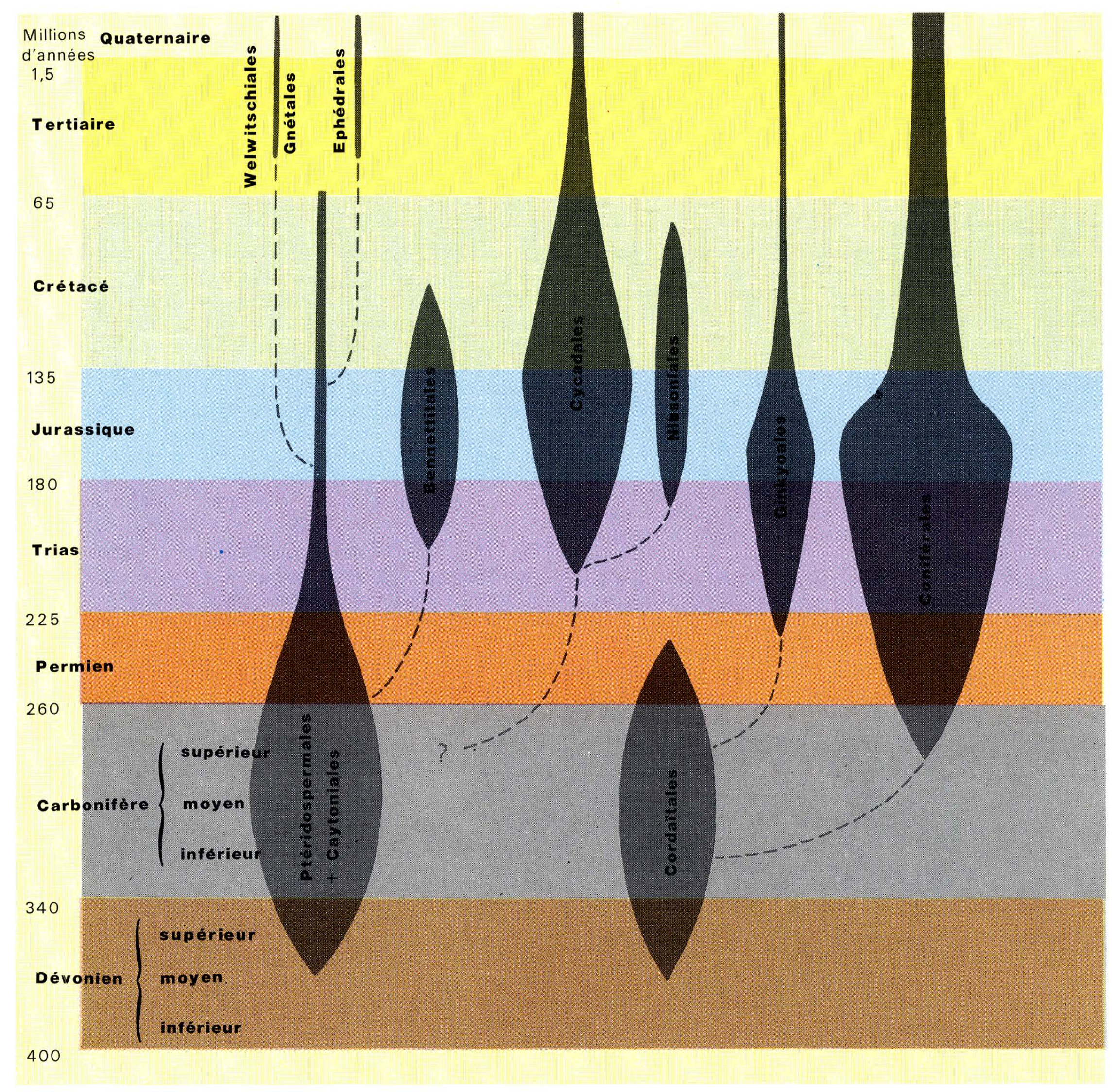
Cl. Marcel Sire.

Les fleurs du Mélèze** (Larix europæa). **Au printemps apparaissent de petits cônes jaune verdâtre, inclinés vers le bas, et des cônes plus grands, brun-rouge, dressés sur les rameaux. Les premiers sont un groupement de fleurs mâles, les seconds un groupement de fleurs femelles. La plante est monoïque, puisqu'elle porte sur un même pied les deux sortes de fleurs.



Cl. X.

Ce fragment de tronc d'arbre a été pétrifié, transformé en silice, il y a 200 millions d'années ; il s'agit de Conifères fossiles, retrouvés dans l'Arizona.



Évolution des Gymnospermes (d'après Emberger).
La « largeur » de chaque diagramme est proportionnelle à l'importance du groupe aux époques considérées. A l'exception des Coniférales, encore bien représentées à notre ère, la plupart des Gymnospermes sont fossiles : il ne subsiste plus que quelques Cycadales (plantes qui ressemblent à de petits Palmiers), qui semblent avoir terminé leur évolution, et une seule espèce de Ginkyoales, Ginkyo biloba. *Les Gnétophytes, d'apparition très récente, ne comportent que trois genres appartenant chacun à un ordre différent; leur origine pose un problème non résolu.*

Ovules	Spermatozoïdes		Étamines ou sacs polliniques; carpelles	Ordres	Classes
Ovules sur des feuilles du type Fougère.	Spermatozoïdes ciliés.			PTÉRIDOSPERMALES. « Fougères à graines »; toutes fossiles. Voir p. 69.	**Mégaphyllinées ou Cycadophytes.** En général de petite taille; tronc non ramifié. Feuilles pennées, moelle abondante, bois réduit, écorce épaisse.
Ovules portés par des carpelles (feuilles modifiées).		Feuilles non rubanées.	Étamines non groupées en cônes; écailles entre les carpelles.	BENNETTITALES. Toutes fossiles. Ressemblaient à des *Cycas*.	
			Étamines groupées en cônes; pas d'écailles entre les carpelles.	CYCADALES. Ressemblent à des Palmiers, les carpelles ont la forme de feuilles. Les CYCADALES sont tropicales ou subtropicales.	
			2 sacs polliniques.	GINKYOALES. Arbres à feuilles aplaties. Chaque fleur femelle ne comprend que 2 carpelles réduits, entourant la base des 2 ovules.	**Coniférophytes ou Microphyllinées** Grande taille; tronc ramifié, écorce réduite, bois abondant. Régions tempérées ou froides.
		Feuilles rubanées.	3 à 6 sacs polliniques.	CORDAITALES. Arbres fossiles.	
	Spermatozoïdes non ciliés.	Ovule nu.	Étamines groupées en cônes. Carpelles de formes variables (en écailles chez le Pin), disposés en cônes.	CONIFÉRALES. Arbres, arbustes ou arbrisseaux dont les feuilles ont la forme d'aiguilles ou d'écailles.	
		Ovule dans une sorte d'ovaire.	Carpelle rudimentaire entouré d'une ou deux enveloppes.	GNÉTALES. Plantes ligneuses, ne produisant pas de résine *(Gnetum, Ephedra* et *Welwitschia).*	**Gnétophytes ou Chlamydospermes.** 3 genres connus : intermédiaires entre les Angiospermes et les Gymnospermes.

Grandes lignes de la classification des Gymnospermes.

On sait l'importance des fonctions de reproduction dans les classifications botaniques. Ce qui distingue les Gymnospermes des Ptéridophytes, c'est l'existence chez elles d'une *graine,* c'est-à-dire d'un ovule fécondé. Les plantes à graines typiques se comportent comme des Animaux vivipares (comparaison de Mangenot) : l'ovule, porté par la plante mère, est *d'abord* fécondé par le grain de pollen, et c'est *après* cette fécondation, origine de la *plantule,* que s'accumulent des substances nutritives et que se développent des tissus protecteurs. Le *mûrissement* de cette graine se fait sur la plante mère; lorsqu'elle est mûre, elle est libérée de celle-ci et la plantule entre en période de vie ralentie (c'est la *diapause*). Or, pour quatre ordres de Gymnospermes, le processus évolutif est différent. Les Ptéridospermales, les Cycadales, les Ginkyoales et les Cordaïtales portent bien toutes des ovules (ce ne sont donc pas des Ptéridophytes), mais la transformation de l'ovule en graine, c'est-à-dire essentiellement l'accumulation des réserves nutritives et la constitution de tissus protecteurs, se produit indépendamment de la fécondation. Pour reprendre la comparaison de Mangenot, tout se passe ici comme chez les Animaux ovipares dont l'œuf se charge de vitellus, qu'il doive ou non être fécondé. En cela, les quatre ordres que nous venons de citer ne sont pas des plantes à graines (Spermatophytes) typiques et c'est pourquoi l'on a proposé de les grouper dans une catégorie appelée catégorie des *Préspermatophytes.*

Le tableau ci-dessous présente, dans ses grandes lignes, le sous-embranchement des Gymnospermes.

Botanique pratique des Gymnospermes.

Les forêts de résineux.

La plupart des Gymnospermes sont des arbres (Conifères), fournisseurs de *résines.* Ils constituent de vastes forêts de *résineux.*

Utilisation des Gymnospermes.

● *Conditions d'existence.* Les Conifères poussent rarement isolés : leurs essences sont dites *sociales* et, lorsque les conditions du milieu s'y prêtent, elles constituent des peuplements étendus (les forêts de *résineux,* par opposition aux forêts de *feuillus,* qui sont des Angiospermes). Les Conifères se contentent facilement de sols assez pauvres, acides ou même tourbeux. Ils exigent toutefois un climat suffisamment humide; les hivers froids leur sont profitables. Ils croissent assez vite, en donnant de belles futaies, sans taillis (les Conifères sont incapables de produire des *rejets,* à l'exception de *Sequoia sempervirens,* l'un des plus grands arbres du monde, et qui rejette abondamment). Il est cependant impossible, en général, d'obtenir des futaies régulières : en raison des conditions climatiques, les peuplements de résineux s'étendent sur les régions montagneuses, les côtes balayées par les vents, etc. Il faut, dans ces cas, limiter les coupes de régénération : trop larges, elles exposeraient les arbres aux risques de la tempête et le sol aux risques d'une érosion accélérée; au lieu de favoriser le développement de sujets du même âge, comme dans une futaie régulière, on réalise alors une *futaie jardinée* en mêlant des arbres de tous âges, plus ou moins répartis par secteurs.

● *Inconvénients des Conifères.* Relativement peu exigeants, les Conifères ont fait l'objet de plantations étendues, qui risquent de devenir excessives. Avec ces arbres, de nouveaux cycles biochimiques s'établissent, modifiant le milieu qui en était auparavant privé, et rompant les équilibres précédemment établis. Voici les principales conséquences (négatives) de l'extension des Conifères :

— Diminution des Vers de terre, des Bactéries de l'humification, ce qui se traduit par un *ralentissement de l'activité biologique du sol.* Les réactions chimiques sont freinées, une espèce de litière s'accumule en surface, immobilisant des matériaux nutritifs, en particulier de l'azote, du calcium, du phosphore et du potassium.

— Altération des argiles sous-jacentes : sous l'influence des Conifères et des Champignons qu'ils favorisent, un humus noir se forme parfois; les acides

humiques libérés alors, entraînés par les pluies, modifient les caractères physico-chimiques des argiles (les sols bruns, acides, fréquents dans les régions montagneuses hercyniennes de faible altitude, résistent bien à ce phénomène).

— Empoisonnement des eaux courantes : les substances délétères libérées par l'humus des forêts de Conifères ont pour effet de réduire la population poissonneuse des rivières (c'est pourquoi, dans certains pays comme la Belgique, les plantations de résineux sont interdites à moins d'une certaine distance de la rive des eaux courantes).

— Diminution du gibier naturel : l'installation des Conifères prive le gibier de sa principale source de nourriture (les jeunes pousses des taillis d'arbres feuillus); elle nuit aussi aux plantes aquatiques des rivages et provoque une réduction de la vie dans les eaux.

— Perturbation du *cycle de l'eau :* les Conifères consomment plus d'eau que les feuillus; ils en rejettent également davantage, par transpiration : sur des versants plantés d'Épicéas, gros consommateurs d'eau, on a pu constater une baisse du niveau de la nappe aquifère et même le tarissement des sources.

● *Intérêt économique.* Ces inconvénients, qui sont loin d'être négligeables, surtout à longue échéance, sont cependant compensés par les nombreuses utilisations des Conifères, dans de multiples secteurs industriels.

— Ils fournissent, avant tout, des bois de qualités variées, caractérisés principalement par leur teneur en résine. Les bois résineux, légers ou mi-lourds, élastiques, de résistance élevée, se travaillent facilement. En outre, la résine qu'ils contiennent les rend particulièrement durables, d'où leur utilisation pour la construction, la charpente, la menuiserie. Les troncs, en général droits et réguliers, permettent de produire des planches, des poutres et des poteaux de grande dimension. Les arbres qui ont la plus forte teneur en résine (Pin laricio, Pin maritime, Pin sylvestre) sont utilisés pour les menuiseries extérieures (fenêtres, panneaux de façade, etc.). Ceux dont la teneur en résine est moins grande (Épicéa, Sapin), sont moins durables et servent pour les menuiseries intérieures. Les résineux sont en outre employés pour la fabrication des *contre-plaqués* (Pin Douglas), de *panneaux de fibres* (déchets de Pin sylvestre, etc.), de *parquets* (en particulier le Pin maritime), et pour l'industrie de l'emballage en bois (Pin maritime, Pin sylvestre : caisses et emballages variés).

— L'industrie de la pâte à papier consomme une énorme quantité de résineux. Ceux-ci ont les fibres les plus longues et donnent les pâtes les plus faciles à traiter et à blanchir. Épicéas et Sapins fournissent les pâtes à papier d'écriture ou d'impression; le Pin maritime la pâte pour papier d'emballage (papier kraft).

— Les pâtes de bois sont aussi utilisées dans d'autres branches de l'industrie : textiles artificiels (fibranne, etc.), cellophane, industrie chimique.

— La résine qui s'écoule par les entailles pratiquées sur l'arbre *(gemmage)* est recueillie, mêlée de copeaux de bois, dans de petits récipients que l'on place à la base des entailles : on obtient ainsi la *gemme,* dont la distillation fournit l'essence de térébenthine, la colophane et le brai. La carbonisation en vase clos du bois de Pin fournit un goudron et par chauffage des résidus provenant de la fabrication de l'essence de térébenthine on obtient la poix. Ces dérivés (notamment l'essence de térébenthine et la colophane) sont utilisés par les industries de peinture, de papeterie, de savonnerie et des celluloïds.

— Les écorces d'Épicéa, de Pin, de Sapin sont utilisables en tannerie (broyées, elles forment le *tan*).

— La tige des *Ephedras* (notamment *Ephedra sinica,* ou Ma Hung) contient de l'*éphédrine,* substance médicamenteuse connue depuis longtemps des anciens médecins chinois, voisine de l'adrénaline et de l'amphétamine, que l'on prescrit souvent dans les cas d'asthme, de troubles allergiques divers (sympathico-mimétiques).

— Les produits comestibles tirés des Gymnospermes sont peu nombreux : diverses graines de Pin sont comestibles; celles du Pin pignon (les *pignes*) sont d'un usage courant en pâtisserie. Les graines de Ginkyo sont très appréciées en Chine et au Japon (nos palais occidentaux les trouveraient cependant un peu fades). Du tronc de *Cycas* on tire une fécule analogue à celles qui proviennent du tronc des Sagoutiers.

— Enfin, beaucoup de Gymnospermes sont recherchées comme arbres d'ornement, pour leur feuillage persistant *(ce sont des arbres toujours verts)*.

CLASSE DES CYCADOPHYTES (= MÉGAPHYLLINÉES).

Le groupement que nous présentons ici est contesté par certains auteurs (par exemple : Emberger), puisqu'on y rassemble l'ordre des Bennettitales et deux ordres qui, en toute rigueur, ne sont pas véritablement des Gymnospermes (voir ci-dessus, p. 69). Comme ce n'est pas le lieu, dans cet ouvrage, de proposer au lecteur un débat sur la systématique botanique, nous adopterons la classification traditionnelle, en apparence plus simple, bien que nos préférences théoriques aillent à celle d'Emberger.

Les Cycadophytes sont des plantes qui ressemblent plus ou moins à de petits Palmiers (en grec : *kukas* = « palmier »); elles sont caractérisées par de très grandes feuilles, d'où le nom qu'on leur donne parfois de Mégaphyllinées (*mega* = « grand »; *phullon* = « feuille »). Les véritables Palmiers sont des Angiospermes Monocotylédones qui constituent l'ordre des Palmales (voir p. 120).

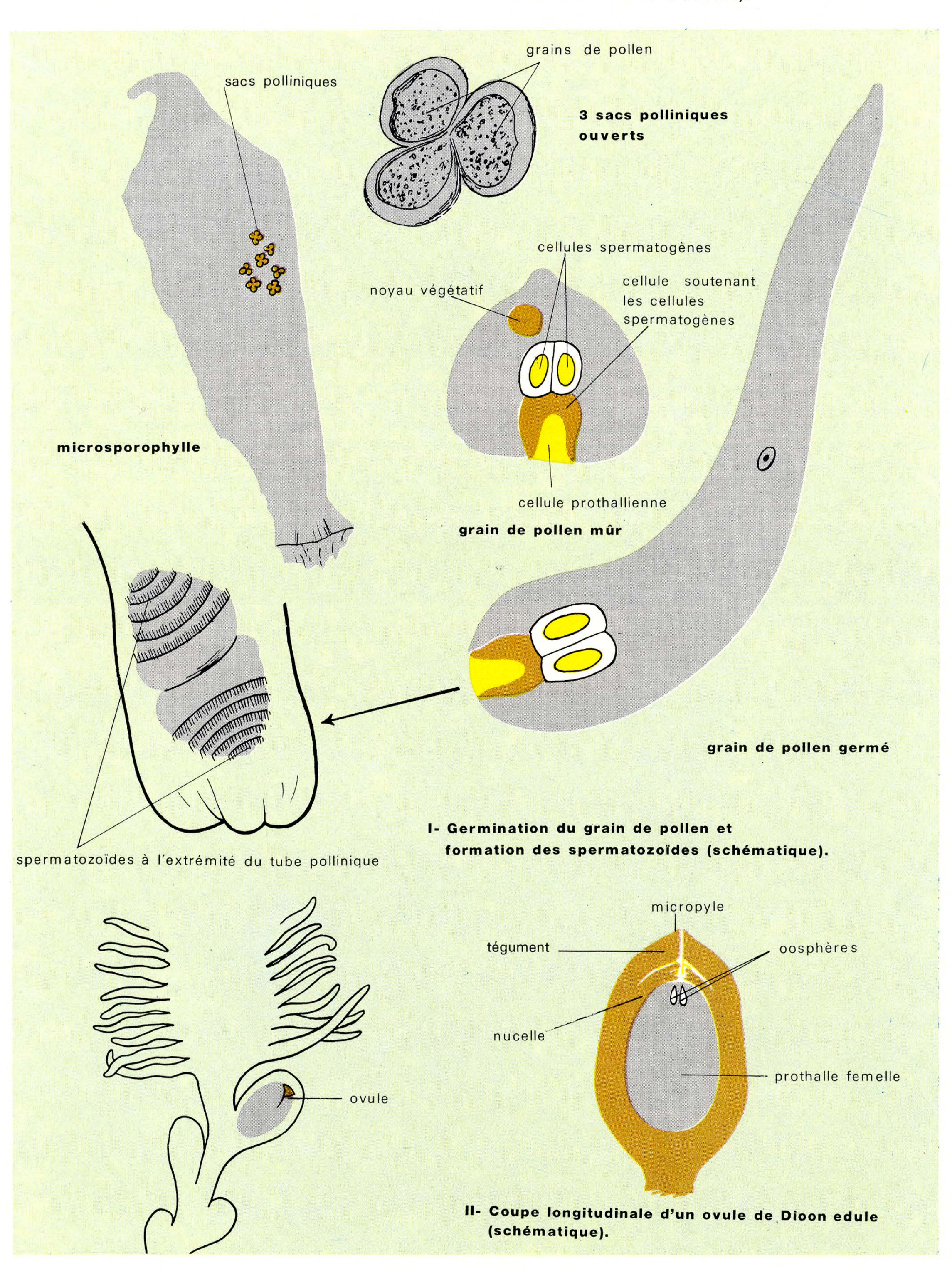
Nous décrirons trois ordres dans la classe des Cycadophytes : les Ptéridospermales, les Cycadales et les Bennettitales.

Ptéridospermales et Cycadales.

Ordre des Ptéridospermales (= Cycadofilicales).

Ces Gymnospermes sont toutes fossiles (voir p. 69); elles présentaient des caractères intermédiaires entre ceux des Fougères et des Cycadales, d'où le nom qu'on leur donne aussi de Cycadofilicales. Elles ont connu leur apogée au Carbonifère supérieur (c'est-à-dire il y a environ 280 millions d'années). Les feuilles des Ptéridospermales comportaient un axe sur lequel étaient attachées des sortes de folioles, les *pinnules* (comme chez les Fougères). La disposition des pinnules est variable; elle donne des indications précieuses aux géologues sur l'âge des couches dans lesquelles on les retrouve. L'espèce la mieux connue de Ptéridospermales s'appelle *Lyginopteris oldhamia* (liane dont la tige avait de 2 mm à 4 cm de diamètre).

Au voisinage des Ptéridospermales, on place l'ordre des Caytoniales, toutes fossiles (elles ont disparu il y a environ 120 millions d'années).



Sexualité des Cycas.

Ordre des Cycadales.

Une famille vivante :
9 genres,
85 espèces environ,
régions chaudes du globe.
Exemple : *Cycas.*

Les Cycadales ont un aspect de Palmier ou de Fougère arborescente ; elles sont de petite taille, en moyenne inférieure à 2 m (la plus petite a 3 cm de hauteur, la plus grande : 18 m). Apparues il y a environ 260 millions d'années, elles ont été à leur apogée au Crétacé (il y a 110 millions d'années) ; elles ont laissé peu de fossiles.

● *Anatomie.* Nous décrirons le tronc, les feuilles et les racines.

— Le tronc, plus ou moins cylindrique ou fortement renflé, n'est généralement pas ramifié ; il est recouvert d'une carapace hérissée par endroits de « piquants » (restes des pétioles successifs ; si l'on connaît la durée de vie d'une feuille, on peut évaluer l'âge de l'arbre en comptant ses cicatrices). Le tronc renferme des canaux à gomme et une moelle abondante d'où l'on tire, après traitement, une fécule *(sagou).*

— Les feuilles sont insérées en spirale au sommet du tronc ; leur taille varie de quelques centimètres (exemple : *Zamia pygmæa*) à 2 ou 3 m *(Cycas circinalis).* Elles sont pennées (c'est-à-dire insérées comme les barbes d'une plume de part et d'autre d'un pétiole commun), coriaces et portent souvent des piquants. Même après avoir été coupées, elles restent encore vertes, d'où leur emploi ornemental.

— Les racines s'étendent facilement à plus de 10 m du tronc ; certaines remontent à la surface du sol et prennent un aspect tourmenté.

● *Reproduction.* Certains pieds sont mâles, d'autres sont femelles (les Cycadales sont des plantes *dioïques*).

— Les grains de pollen dérivent de *microspores* qui se sont développées sur place. La microspore initiale s'est divisée de telle sorte que le grain de pollen mûr contienne 3 cellules dont l'une donnera 2 spermatozoïdes ciliés lorsque le grain de pollen germera sur l'ovule.

— L'ovule comprend un *nucelle* (massif cellulaire central) entouré d'un tégument composé de 3 couches (qui subiront des modifications au cours du développement). A l'extrémité de l'ovule est ménagée une étroite cheminée, le *micropyle,* qui débouche dans une *chambre pollinique.*

Dans le nucelle apparaissent 4 *gynospores* (ou *mégaspores*) dont une seule germe et engendre un massif de cellules (l'endosperme) qui est sans conteste l'équivalent d'un prothalle de Ptéridophyte parce qu'à sa surface, du côté du micropyle, se forment des archégones.

— L'archégone des Cycadales ressemble à celui des Fougères, mais présente une réduction remarquable, prélude à la simplification que l'on constatera chez les Angiospermes : il ne comprend plus que 3 cellules au total, dont le gamète femelle ou *oosphère.*

— Fécondation : lorsque le grain de pollen, transporté par le vent, arrive dans la chambre pollinique, il germe en émettant d'abord un *suçoir* par lequel il s'implante dans la partie supérieure du nucelle ; de là, s'allongeant vers la chambre pollinique, il libère ses deux spermatozoïdes qui se déplacent vers les archégones, le micropyle se refermant ensuite, obturé par une goutte de mucilage durci. Il est intéressant d'examiner de près comment a lieu la fécondation, c'est-à-dire le contact entre le spermatozoïde et l'oosphère et de comparer avec des plantes plus simples (les Fougères) et des plantes plus complexes (les Angiospermes). Chez les Fougères, les spermatozoïdes nagent dans l'eau de pluie ; chez les Angiospermes ils sont amenés à pied d'œuvre directement par le tube pollinique (voir p. 78) ; chez les Cycadales, la solution est intermédiaire : le contenu du grain de pollen humecte les cellules du col de l'archégone, leur donnant ainsi une certaine souplesse, et l'oosphère peut saillir dans la chambre pollinique où le spermatozoïde peut fusionner directement avec elle.

— Développement de la plantule : normalement, plusieurs embryons s'ébauchent en même temps dans l'ovule (sans qu'il y ait une phase de repos comme chez les Angiospermes) ; chacun est muni d'un prolongement de cellules minces, constituant son *suspenseur,* et ils s'enroulent les uns autour des autres. Un seul embryon finalement achève de se développer. La plantule a deux cotylédons, une feuille et quelques écailles foliacées ; la radicule s'allonge du côté du suspenseur. La graine tombe à terre, mais elle ne s'enfonce pas dans le sol, c'est la radicule émergente qui enracine la nouvelle plante, les cotylédons vidant la graine de son contenu et se desséchant. Il faut attendre plusieurs années ensuite pour que se forme la couronne de feuilles.

● *Les neuf genres* de la famille des Cycadacées sont indiqués au tableau n° 13 de l'*Annexe systématique.*

Ordre des Bennettitales (= Cycadeoideales).

Ce sont des Végétaux fossiles dont on connaît un nombre considérable d'espèces ; ils ont vécu du Jurassique au Crétacé supérieur (extinction il y a 70 millions d'années environ). Il existe des gisements célèbres de Bennettitales aux États-Unis, dans le Wyoming et les montagnes noires du South Dakota (1 millier de troncs).

Les Bennettitales ressemblaient aux Cycadales, mais on les distingue par leurs fleurs. Celles-ci, souvent bisexuées et extrêmement nombreuses (on en a compté jusqu'à 1 200 sur un même exemplaire), étaient éparpillées le long du tronc et non groupées au sommet comme chez les *Cycas.*

CLASSE DES CONIFÉROPHYTES (= MICROPHYLLINÉES).

Ces Gymnospermes ont typiquement des organes reproducteurs en forme de *cône* et leurs feuilles sont généralement petites (*mikros* = « petit ») ; on les appelle donc aussi des Microphyllinées par opposition aux Mégaphyllinées étudiées précédemment.

Ordre des Cordaïtales et des Ginkyoales.

Les Cordaïtales.

Ce sont des arbres fossiles qui eurent leur apogée au Carbonifère inférieur, c'est-à-dire il y a environ 330 millions d'années (voir p. 70). Ces arbres, dont on connaît de très nombreux exemplaires, atteignaient 30 à 40 m de hauteur, pour un diamètre voisin d'un mètre, et n'étaient ramifiés qu'au sommet. On suppose qu'ils vivaient un peu à la manière du Cyprès chauve actuel, enraciné dans la vase. Ils pourraient être à l'origine des autres Coniférophytes.

On y reconnaît 4 familles, nommées Poroxylacées, Mesoxylacées, Cordaïtacées et Pityacées ; le genre le plus connu est *Cordaites.*

Les Ginkyoales.

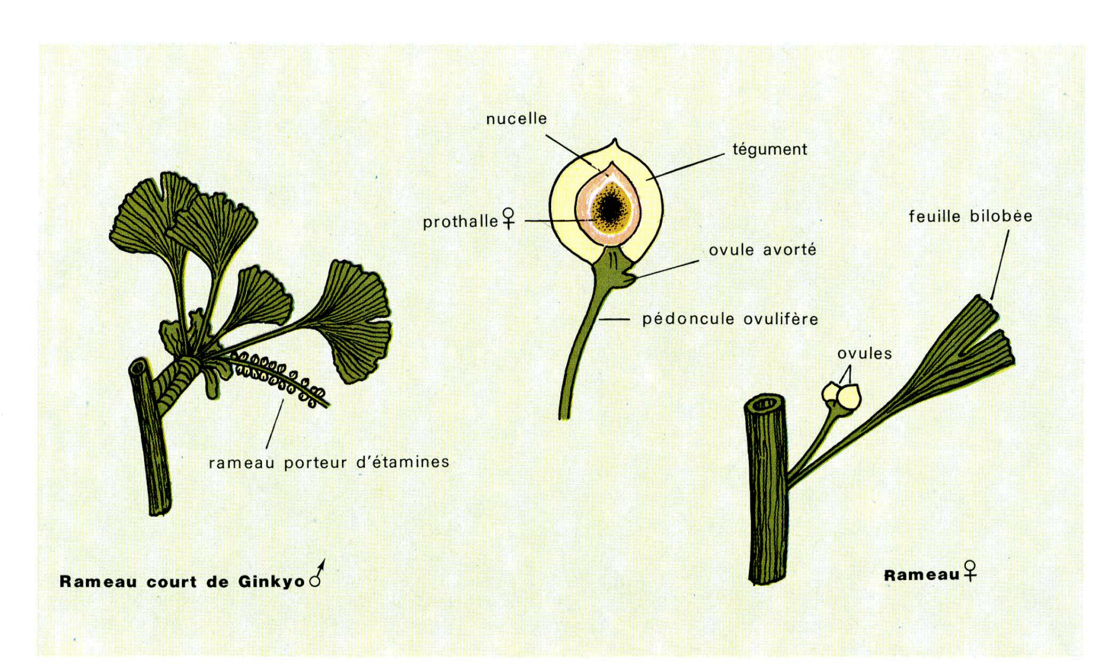
Une famille, une seule espèce :
Ginkyo biloba (Chine du Sud)
(incorrectement et usuellement appelée *Ginkgo*)

Les Ginkyoales sont apparues il y a 260 millions d'années (au Permien) ; il n'en reste qu'une espèce vivante : *Ginkyo biloba.* Cet arbre, qui pousse à l'état spontané en Chine, a été introduit au Japon où les Européens l'ont découvert en 1690. En Europe, il fut appelé « l'arbre aux 40 écus » en raison, peut-être, de son prix élevé. En 1792, le seul pied femelle européen se trouvait à Genève où il fut découvert par le botaniste suisse Augustin de Candolle (1778-1841).

Ce bel arbre, qui atteint 30 à 40 m de hauteur, pour 1 m de diamètre, porte des rameaux longs et des rameaux courts : les premiers s'accroissent d'une cinquantaine de centimètres chaque année, sont couverts de feuilles éparses ; les seconds ne dépassent pas quelques centimètres au bout de plusieurs années. Il n'y a pas de rameaux nains, comme chez les Pins. Les feuilles, très caractéristiques, sont en général bilobées. C'est une plante dioïque.

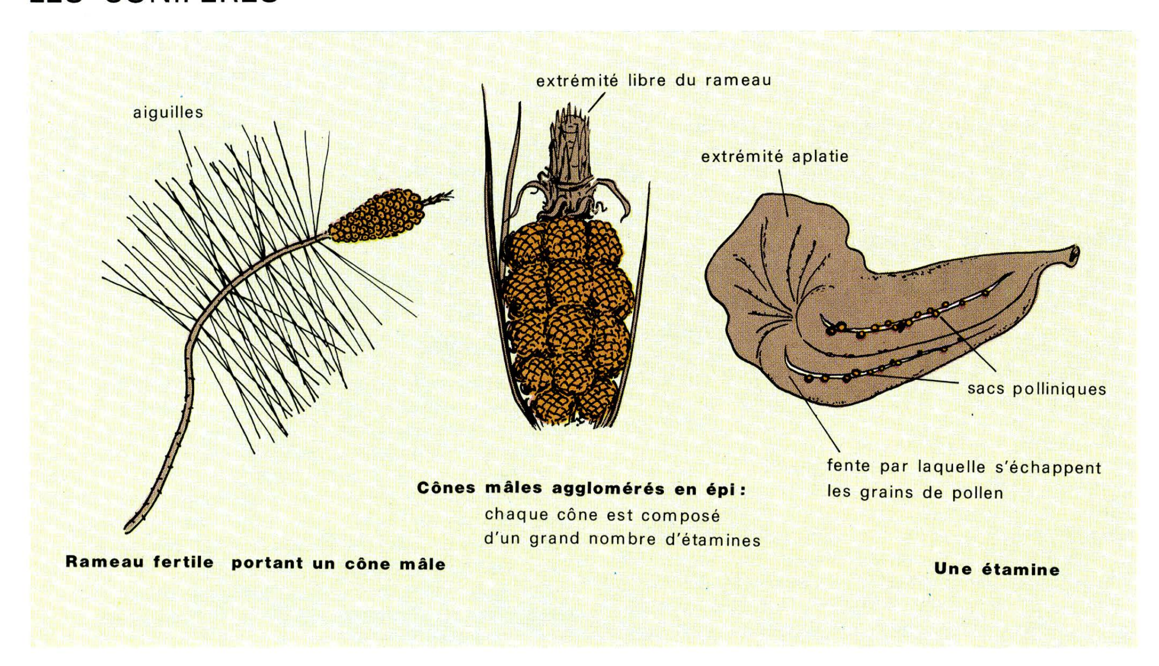
Sur les pieds mâles, chaque épi d'étamines *(chaton)* est une fleur ; sur les pieds femelles, les organes reproducteurs ont été interprétés de façons très diverses par les auteurs. La reproduction présente beaucoup d'analogie avec celle des *Cycas :* comme pour ces derniers, on a dit que les spermatozoïdes nagent dans un liquide contenu dans la chambre pollinique.

Toutes les autres Ginkyoales sont fossiles.





Ginkyo biloba. *La photographie représente l'ovule mûr d'un arbre femelle ; au second plan : la feuille en éventail.*





Organes de reproduction mâles chez le Pin. La photographie montre un amas de petits cônes mâles sur une jeune pousse. Remarquer les feuilles en aiguilles.

Les Conifères.

6 ordres dont un seul est fossile
groupant 50 genres et 250 espèces vivants :
30 genres dans l'hémisphère boréal,
14 genres dans l'hémisphère austral,
6 genres communs aux deux hémisphères.

Définition et classification.

● *Ce sont de véritables plantes à graines* (et non des plantes intermédiaires comme les Cordaïtales et les Ginkyoales); ces graines sont produites à la suite de la fécondation de l'ovule par un spermatozoïde mis en contact avec le gamète femelle par l'intermédiaire d'un *tube pollinique*. Les Conifèrales sont le plus souvent *monoïques*, c'est-à-dire que les fleurs mâles et les fleurs femelles sont portées par un même pied.

● *La classification des Conifèrales* (ou Conifères) pose de nombreux problèmes qu'il n'y a pas lieu d'examiner ici. Pour les uns, il s'agit d'un *phylum* groupant 6 ordres (dont un fossile : celui des Lebachiales); pour les autres, c'est un ordre comprenant 8 familles (dont une fossile). Il a semblé intéressant de diviser les Conifères en 2 groupes : ceux dont les fleurs femelles ont l'aspect d'un *cône* typique, qu'on appelle les *Pinares*, et ceux chez lesquels cet aspect est absent (les *Taxares*). Nous retiendrons ici, surtout, la division *en familles* qui est à peu près admise par tous les auteurs (voir *Annexe* tableau n° 14).

Organes végétatifs.

Les Conifères sont des arbustes ou des arbres qui peuvent atteindre de très grandes dimensions (plus de 100 m pour certaines espèces de *Sequoia*). Leur appareil végétatif comprend des racines puissantes, une tige ligneuse (un tronc) portant des rameaux qui peuvent être de plusieurs types : longs, courts ou nains. Chez le Pin (genre *Pinus*), on rencontre les trois sortes de rameaux; chez le Cèdre (genre *Cedrus*), les rameaux sont de deux types (longs et courts); chez le Sapin (genre *Abies*), les rameaux sont uniquement longs, etc. Les feuilles sont en *aiguilles* ou en *écailles*, presque toujours persistantes (arbres toujours verts).

Organes reproducteurs.

Ils ont presque toujours la forme d'un *cône* plus ou moins allongé; ces cônes doivent être interprétés différemment selon qu'ils sont mâles ou femelles : les cônes mâles sont des fleurs, les cônes femelles sont des inflorescences (des groupements de fleurs).

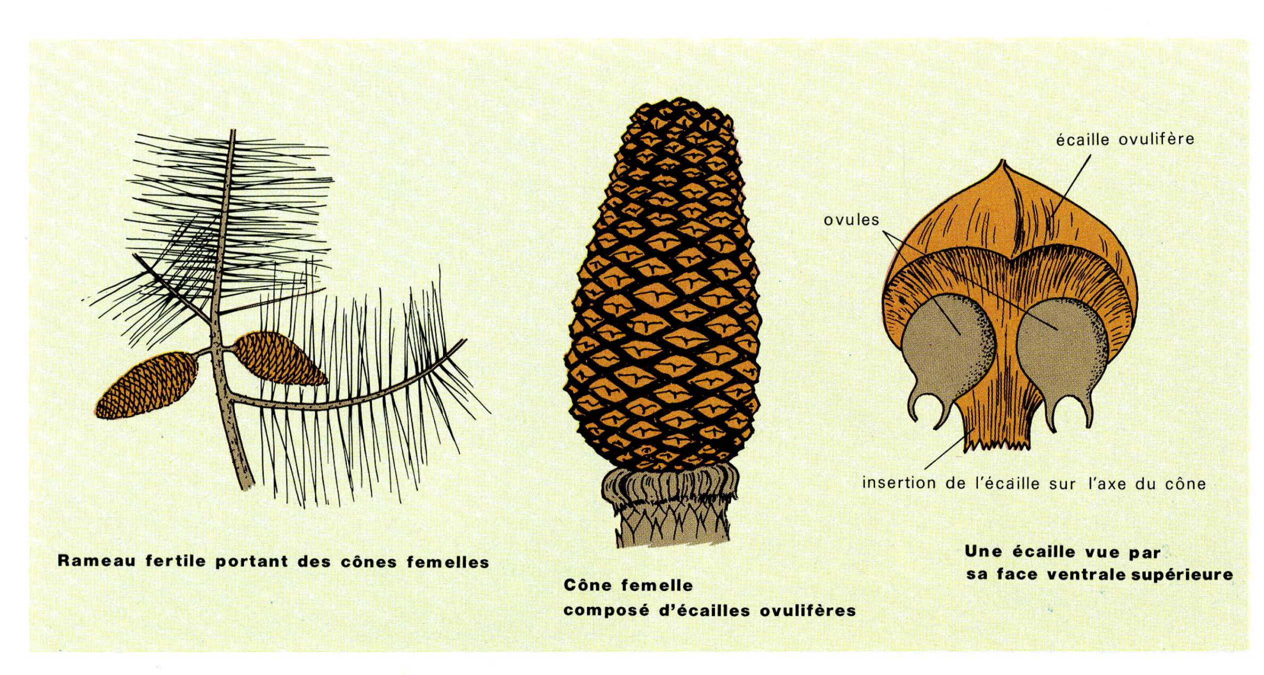
● *Les fleurs mâles* sont petites et portées par de jeunes rameaux; elles sont souvent groupées en épis très serrés, chaque épi comptant plusieurs cônes. Un cône mâle est formé, comme on peut le voir sur la figure ci-dessus, de nombreuses étamines, porteuses de *sacs polliniques* et disposées en hélices très serrées autour d'un axe central. Dans les sacs polliniques se forment des *grains de pollen (microspores)* qui s'échappent du sac lorsque celui-ci se fend *(déhiscence)*; ils sont alors emportés par le vent.

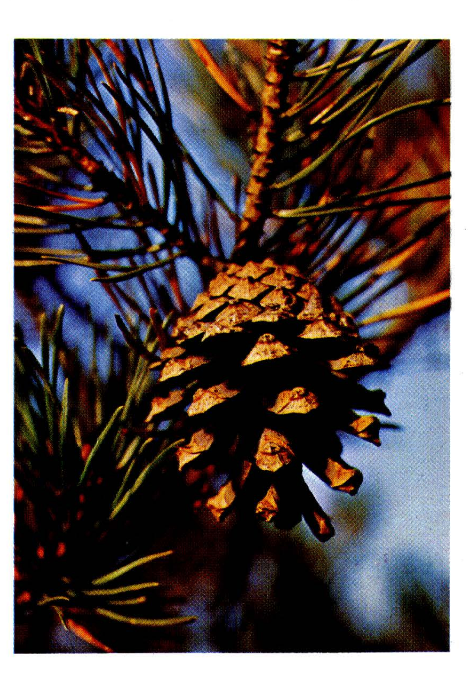
● *Les fleurs femelles* sont représentées par des *écailles* disposées en hélices autour d'un axe, formant ainsi un *cône femelle*. Mais, alors qu'un cône mâle constitue une seule fleur mâle (à plusieurs étamines), un cône femelle est une inflorescence, une sorte de bouquet dont chaque écaille est, à elle seule, une fleur (chaque écaille est d'ailleurs insérée à l'aisselle d'une petite feuille, très réduite, qu'on peut appeler une *bractée*).

Fécondation et embryogenèse.

● *Les prothalles* se forment dans les micro- et les macrospores.

— *La microspore (grain de pollen)* libérée par la fleur mâle se segmente et devient un minuscule prothalle (grain de pollen mûr), composé de plusieurs cellules haploïdes (à n chromosomes), dont l'une produira 2 spermatozoïdes (*cellule spermatogène*). La paroi du grain se gonfle, les boursouflures s'emplissent d'air, ce qui facilite la dissémination des grains de





Organes reproducteurs femelles chez le Pin.
La photographie représente une « pomme de Pin » (cône femelle), âgée de 2 ans : les graines y ont mûri, et elle s'est ouverte pour les libérer.



Cl. Prato.

Sequoia sempervirens : ***cet arbre de la famille des Taxodiacées atteint 100 m de haut, avec 5 m de diamètre à la base.***

pollen par le vent (« pluie de soufre », dit-on communément, car les grains de pollen sont jaunes).

— *La mégaspore* qui a subsisté au cœur du nucelle prolifère et donne naissance à un *prothalle femelle,* en forme d'œuf ou de fuseau, volumineux (comparativement au prothalle mâle), enveloppé d'une membrane épaisse, cutinisée, avec, à la partie supérieure, les archégones (*oosphère volumineuse* riche en réserves nutritives, surmontée d'un *col* très court).

● La *pollinisation* est le transport des grains de pollen (ici par le vent), des sacs polliniques aux ovules. Les grains doivent passer entre les écailles d'un cône femelle et atteindre le micropyle des ovules. Quand le temps de la pollinisation est passé, les écailles se referment les unes sur les autres et, à l'intérieur des ovules, se produit un phénomène important : la *germination* des grains de pollen.

Il faut bien comprendre, en effet, que ces grains sont arrêtés par le nucelle, qui est un massif cellulaire important; pour que la fécondation puisse se produire, il faut que les spermatozoïdes issus de la cellule spermatogène *traversent* ce parenchyme. Cela est rendu possible par la germination du grain de pollen qui émet un *tube pollinique* dans lequel pénètrent les deux spermatozoïdes; ceux-ci se maintiennent à l'extrémité du tube. Le tube s'allonge, atteint le prothalle, traverse le col de l'archégone, et les spermatozoïdes sont déversés directement dans l'oosphère (chez les Cycadales, il y avait bien aussi un tube pollinique, mais, à la rupture de celui-ci, les spermatozoïdes n'étaient pas versés directement dans l'oosphère :

micropyle
oosphère non fécondée (dégénère)
grain de pollen
tube pollinique
nucelle
prothalle
écaille ovulifère
noyau inutilisé
noyau ♂ fécondant
noyau ♀

1- L'oosphère est fécondée : fusion des noyaux mâle et femelle

2- Le noyau de fusion donne 4 noyaux fils.

suspenseur

3- Formation du pro-embryon.

4 ébauches embryonnaires dont 3 dégénèrent

4- Formation du suspenseur par étirement.

oosphère dégénérée
prothalle
embryon

4 bis - Disposition de l'embryon dans l'ovule en voie de transformation

radicule
tigelle
écaille ovulifère
cotylédons

5- La graine mûre: le prothalle occupe tout l'ovule; le suspenseur a disparu; l'embryon est devenu plantule (petite plante).

Le mûrissement de la graine des Conifères.
La graine, qui a mûri sur la plante, portée par une écaille, va ensuite se détacher, être disséminée par le vent. Elle donnera naissance à une nouvelle plante.



Cl. Prato.

Sequoia sempervirens :
Cônes mâles et cônes femelles.

ils devaient nager auparavant dans une gouttelette de liquide produite par le tube pollinique). Ce transport des spermatozoïdes jusqu'à l'oosphère s'appelle la *siphonogamie* (*siphôn* = « tube », *gamos* = « union »).

La germination a lieu de 1 à 15 mois après la pollinisation, selon les espèces.

● *La fécondation* suit de près la germination. L'un des deux spermatozoïdes dégénère et le noyau de l'autre fusionne avec le noyau de l'oosphère; le *zygote,* à 2 *n* chromosomes, est constitué.

● *L'ovule, après la fécondation,* est devenu une graine. Les principales transformations qui constituent l'embryogenèse sont indiquées sur la figure ci-dessus.

● *Le cône femelle,* après la pollinisation, est fortement accru. Il forme alors le « fruit » des Conifères. Chez certaines espèces (exemple les Genévriers), les cônes mûrs sont comparables à des *baies* de groseilles (qui sont des Angiospermes).

LES FAMILLES DE CONIFÈRES ET LES GNÉTOPHYTES

	Familles	Feuilles et bractée	Pollen	Nombre de sacs polliniques par étamine	Nombre d'ovules par carpelle (écaille)	Biogéographie
PINOIDINES	***Pinacées (= Abietacées)*** 9 genres (arbres, rarement arbustes).	— En aiguilles. — Bractée distincte de l'écaille.	Souvent muni de ballonnets remplis d'air.	2	2	Hémisphère boréal presque exclusivement (exception : îles de la Sonde) ; dans les zones chaudes, les Pinacées ne se trouvent qu'en montagne. Exemples : Pin, Sapin, Mélèze, Épicéa, Cèdre.
	Araucariacées 2 genres (arbres).	— En aiguilles ou à limbes larges, coriaces. — Écaille et bractée confondues.	Pas de ballonnets.	5 à 20	1 (en général)	N'existent que dans l'hémisphère sud : le genre *Araucaria* (16 espèces) en Amérique du Sud, dans les îles du Pacifique au voisinage de l'Australie et en Australie ; le genre *Agathis* (environ 20 espèces) dans l'Asie du Sud-Est.
	Taxodiacées 10 genres (arbres parfois énormes).	— En aiguilles en écussons, en écailles, ou en alènes. — Bractée peu distincte de l'écaille.	Pas de ballonnets.	2 à 9	2 à 8	Hémisphère nord (20 à 30 espèces) ; seul genre austral : *Athrotaxis* (Tasmanie). Exemple : Séquoia.
	Cupressacées 18 genres (arbres ou arbustes).	— En écussons ou en aiguilles, très souvent verticillées.	Pas de ballonnets.	2 à 7		Essentiellement l'hémisphère nord. Exemples : Thuya, Cyprès, Genévrier.
	Céphalotaxacées 1 genre (arbres ou arbustes).	— Linéaires.	Non ailé.	7 à 12	2	Le genre unique, *Cephalotaxus* (5 espèces) est répandu de l'Himalaya au Japon.
PODOCARPINES	***Podocarpacées*** 8-9 genres (arbres, rarement arbustes).	— De forme variée.	2 à 6 ballonnets.	2	1	Uniquement l'hémisphère sud. Exemple : *Podocarpus*.
TAXINES	***Taxacées*** 8 genres (arbres ou arbustes).	— En aiguilles ou plus ou moins lancéolées.	Pas de ballonnets.	2 à 8	1	Hémisphère nord à l'exception d'*Austrotaxus*, la seule Taxacée de l'hémisphère sud. Exemple : If *(Taxus)*.

Les familles de Conifères.



Cl. Bordas/J.B.

Larix decidua, ***ou Mélèze commun.***

Les familles de Conifères.

Nous ne dirons rien de la famille fossile des Lebachiacées (dont le genre le plus connu est *Lebachia*) ni d'un certain nombre de genres fossiles isolés. Les 7 familles encore représentées sur notre Terre sont décrites dans le tableau ci-dessus.

Étude systématique.

Voir le tableau n° 14 de l'*Annexe systématique.*

CLASSE DES GNÉTOPHYTES (OU CHLAMYDOSPERMES).

On range dans ce groupe trois genres de plantes étroitement apparentées aux Gymnospermes : le genre *Ephedra*, le genre *Gnetum* et le genre *Welwitschia*. Ces trois genres possèdent en outre un certain nombre de caractères qui les rendent intermédiaires entre les Gymnospermes et les Angiospermes.

Caractères généraux.

Classification.

Les trois genres en question sont tellement différents qu'on en a fait d'abord les représentants de trois familles ; puis ces familles ont été classées elles-mêmes en trois ordres distincts :

— la famille des Éphédracées dans l'ordre des Éphédrales ;

— la famille des Gnétacées dans l'ordre des Gnétales ;

— la famille des Welwitschiacées dans l'ordre des Welwitschiales.

Mais on a proposé aussi de réunir Gnétales et Welwitschiales dans une même classe opposée à la classe comprenant les Éphédrales (qui ne comprendrait donc elle-même qu'un ordre, qu'une famille et qu'un genre !). Ces tâtonnements, ces hésitations sont une illustration des difficultés de la systématique : le progrès constant de nos connaissances impose des divisions qui peuvent apparaître subtiles au profane mais qui sont la projection, sur le papier, de la complexité de la nature.

Ajoutons une dernière précision : par leurs caractères, les Chlamydospermes tiennent à la fois des Angiospermes et des Gymnospermes. L'absence de fossiles ne permet pas de préciser les affinités ; toutefois il ne semble pas qu'il y ait un lien de parenté réel avec les Angiospermes : en effet ces dernières (déjà représentées abondamment il y a environ 130 millions d'années) ne peuvent être issues des Chlamydospermes connues seulement depuis le Tertiaire, c'est-à-dire depuis environ 60 millions d'années.

Caractères principaux.

Ce qui caractérise ces trois plantes, c'est le fait que leur ovule soit enveloppé de bractées (d'où leur nom : *chlamys* = « chemise » et *sperma* = « semence »). L'ovule n'est donc pas, en toute rigueur, à nu. On ne peut assimiler ces bractées aux *carpelles* qui enveloppent l'ovule des Angiospermes : elles évoquent plutôt les enveloppes florales (sépales, pétales) des Angiospermes.

Les caractères communs des Gnétophytes sont :

— l'allongement du tégument de l'ovule qui se transforme en un tube fin rappelant un *style* (voir la description de la fleur des Angiospermes, p. 82) ;

— l'apparition de vaisseaux presque parfaits dans le bois secondaire (les ponctuations des parois transversales des trachéides ont tendance à se rejoindre : voir pour l'explication de ces termes p. 9) ;

— l'existence de feuilles opposées (ressemblance avec la famille des Cupressacées qui comprend notamment les Cyprès et les Genévriers) ;

— un embryon à deux cotylédons ;

— l'absence de canaux à résine.

L'ordre des Ephédrales.

Cet ordre ne compte qu'une seule famille, les Éphédracées, qui ne possède elle-même qu'un genre *(Ephedra)* avec 35 espèces. Les Éphédracées sont des plantes buissonnantes (arbrisseaux) réparties dans les régions de climat tempéré chaud (en particulier : climat méditerranéen ; on en trouve cependant, en France, dans la presqu'île de Quiberon). Ces arbrisseaux ont en moyenne une cinquantaine de centimètres de hauteur (ils n'atteignent généralement pas deux mètres). Longévité : 10 à 12 ans (exceptionnellement : 40 ans). Les feuilles, simples, opposées ou verticillées, sont assez petites ; la tige est chlorophyllienne et assure une partie de la photosynthèse.

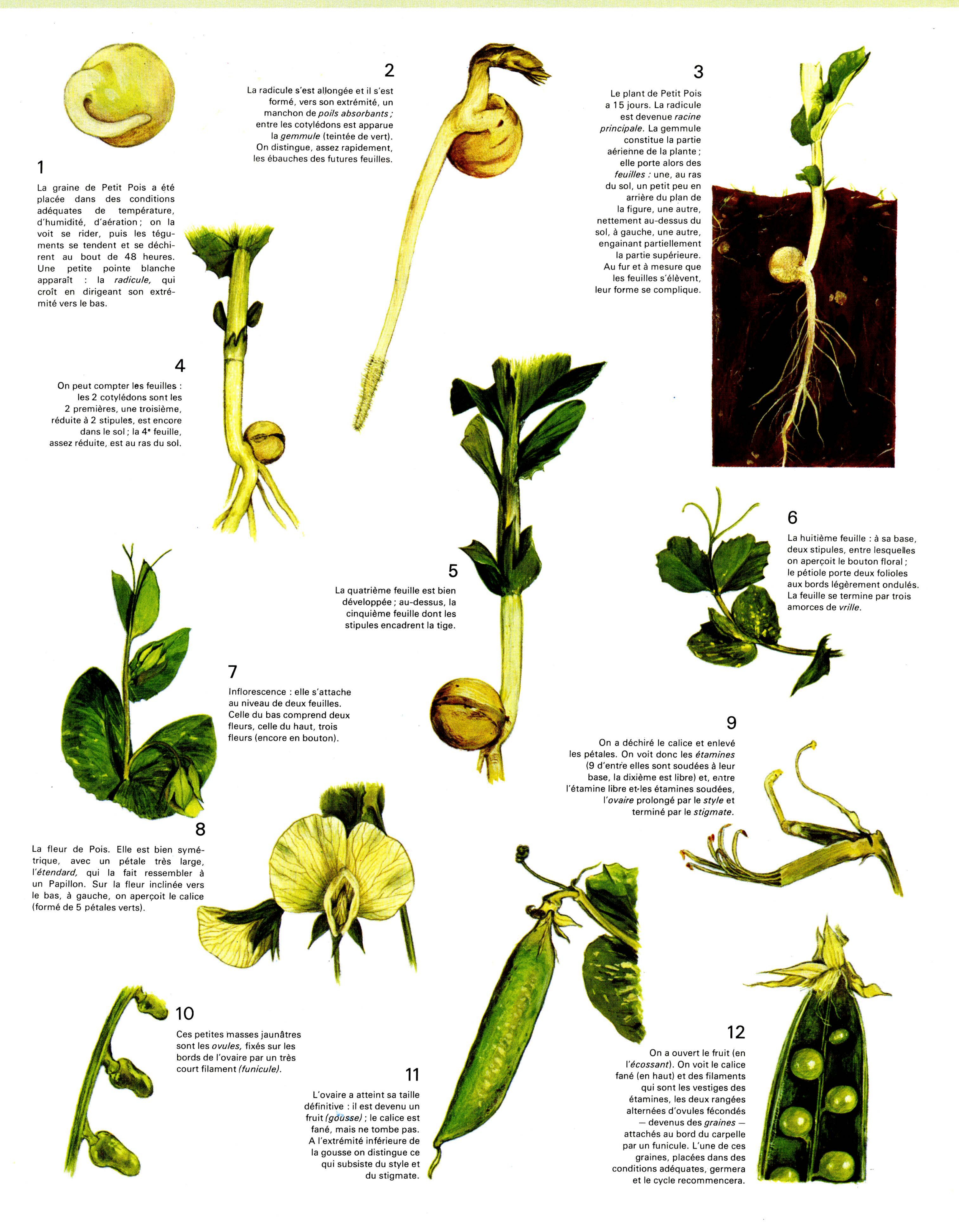
Les Éphédracées contiennent des alcaloïdes (en particulier : de l'éphédrine, dont les propriétés sont voisines de celles de l'adrénaline) ; les espèces européennes et nord-africaines sont pauvres en alcaloïdes, qui sont abondants dans les espèces chinoises et américaines.

Ordres des Welwitschiales et des Gnétales.

● *L'ordre des Welwitschiales* ne comprend qu'une famille comptant elle-même un seul genre : *Welwitschia ;* on ne connaît qu'une espèce : *Welwitschia mirabilis,* dans les régions désertiques qui bordent le Kalahari (sud-ouest africain). C'est une plante très basse (quelques dizaines de centimètres de hauteur) dont la tige s'enfonce un peu plus chaque année dans le sol à la recherche de l'eau. Cette curieuse plante n'a que deux longues feuilles opposées, en ruban d'un à deux mètres de long (parfois plus), déchiquetées à leur extrémité et parfois très vieilles (certaines ont plus de 100 ans). Il pourrait s'agir d'une plante qui se reproduirait alors qu'elle n'a pas atteint l'âge adulte. c'est-à-dire présentant un phénomène de *néoténie.*

● *L'ordre des Gnétales* ne comprend qu'une seule famille avec un seul genre représenté par une trentaine d'espèces habitant dans les forêts tropicales (Indo-Malaisie). Il s'agit de lianes (à l'exception de *Gnetum gnomon* qui est un arbre pouvant atteindre 20 m de hauteur). Les fruits sont comestibles ainsi que les feuilles, chez certaines espèces.

PETIT POIS DEVIENDRA GRAND...



1
La graine de Petit Pois a été placée dans des conditions adéquates de température, d'humidité, d'aération ; on la voit se rider, puis les téguments se tendent et se déchirent au bout de 48 heures. Une petite pointe blanche apparaît : la *radicule,* qui croît en dirigeant son extrémité vers le bas.

2
La radicule s'est allongée et il s'est formé, vers son extrémité, un manchon de *poils absorbants ;* entre les cotylédons est apparue la *gemmule* (teintée de vert). On distingue, assez rapidement, les ébauches des futures feuilles.

3
Le plant de Petit Pois a 15 jours. La radicule est devenue *racine principale.* La gemmule constitue la partie aérienne de la plante ; elle porte alors des *feuilles :* une, au ras du sol, un petit peu en arrière du plan de la figure, une autre, nettement au-dessus du sol, à gauche, une autre, engainant partiellement la partie supérieure. Au fur et à mesure que les feuilles s'élèvent, leur forme se complique.

4
On peut compter les feuilles : les 2 cotylédons sont les 2 premières, une troisième, réduite à 2 stipules, est encore dans le sol ; la 4ᵉ feuille, assez réduite, est au ras du sol.

5
La quatrième feuille est bien développée ; au-dessus, la cinquième feuille dont les stipules encadrent la tige.

6
La huitième feuille : à sa base, deux stipules, entre lesquelles on aperçoit le bouton floral ; le pétiole porte deux folioles aux bords légèrement ondulés. La feuille se termine par trois amorces de *vrille.*

7
Inflorescence : elle s'attache au niveau de deux feuilles. Celle du bas comprend deux fleurs, celle du haut, trois fleurs (encore en bouton).

8
La fleur de Pois. Elle est bien symétrique, avec un pétale très large, l'*étendard,* qui la fait ressembler à un Papillon. Sur la fleur inclinée vers le bas, à gauche, on aperçoit le calice (formé de 5 pétales verts).

9
On a déchiré le calice et enlevé les pétales. On voit donc les *étamines* (9 d'entre elles sont soudées à leur base, la dixième est libre) et, entre l'étamine libre et les étamines soudées, l'*ovaire* prolongé par le *style* et terminé par le *stigmate.*

10
Ces petites masses jaunâtres sont les *ovules,* fixés sur les bords de l'ovaire par un très court filament *(funicule).*

11
L'ovaire a atteint sa taille définitive : il est devenu un fruit *(gousse)* ; le calice est fané, mais ne tombe pas. A l'extrémité inférieure de la gousse on distingue ce qui subsiste du style et du stigmate.

12
On a ouvert le fruit (en l'*écossant*). On voit le calice fané (en haut) et des filaments qui sont les vestiges des étamines, les deux rangées alternées d'ovules fécondés — devenus des *graines* — attachés au bord du carpelle par un funicule. L'une de ces graines, placées dans des conditions adéquates, germera et le cycle recommencera.

Les dessins de cette planche illustrent le cycle végétal de* Pisum communis, *le Pois commun.

LES PHANÉROGAMES ANGIOSPERMES : GÉNÉRALITÉS

Le terme Angiosperme se dit des plantes dont les graines sont enfermées dans une cavité constituée par le carpelle replié sur lui-même et qui deviendra un fruit, par opposition à Gymnosperme, qui se dit des plantes à graines nues; Angiosperme a pour étymologie : *aggeion* = « réceptacle » et *sperma* = « semence ».

VUE D'ENSEMBLE.

Définition et histoire des Angiospermes.

Définition.

Les plantes que nous venons d'étudier (les Gymnospermes) sont encore rudimentaires. Il n'est pas besoin d'être botaniste pour constater qu'il existe une différence majeure entre un buisson d'If et un Rosier ! Ce dernier possède à la fois de véritables graines — comme les Gymnospermes — et de véritables fleurs. Le sous-embranchement des Angiospermes représente le terme de l'évolution complexe qui depuis les Mousses, en passant par les Fougères et les Gymnospermes, nous conduit à des plantes dont les ovules sont enfermés à l'intérieur d'une cavité *(aggeion)* constituée par le *carpelle* replié sur lui-même. Le sous-embranchement des Angiospermes groupe la majorité des Végétaux vasculaires vivants; le nombre d'espèces décrites à ce jour atteint 300 000 (Linné, il y a deux siècles, en décrivait à peine 5 000).

Ancienneté géologique.

Les Angiospermes les plus anciennes que nous connaissions existaient il y a environ 120 millions d'années (c'est-à-dire au Crétacé inférieur). Quelques indices nous font même supposer qu'il existait des Angiospermes à une période plus ancienne puisqu'on a retrouvé des grains de pollen du *type* angiosperme dans des terrains du début de l'ère secondaire et même de l'ère primaire (c'est-à-dire remontant à environ 330 millions d'années). Cependant, il n'est pas prouvé que ces grains proviennent bien de véritables Angiospermes.

Les Angiospermes se sont épanouies au Crétacé; la flore qu'elles constituent n'a pratiquement pas varié depuis le Miocène, c'est-à-dire depuis environ 20 millions d'années (le Miocène est l'avant-dernière division de l'ère tertiaire).

Les quelque 300 000 espèces actuellement connues sont groupées en plus de 13 000 genres, eux-mêmes réunis en 300 familles. Ces plantes, qui présentent des types d'organismes extrêmement nombreux à partir d'un plan d'organisation fondamental, sont d'aspect très divers : beaucoup sont des arbres, mais les herbes, probablement plus évoluées qu'eux, sont multitudes et les variations sont innombrables.

Qu'est-ce qu'une fleur ?

La *fleur* est un rameau spécialisé portant les organes reproducteurs *(étamines, carpelles)* produisant les gamètes, entourés généralement d'une enveloppe protectrice appelée le *périanthe*.

Étamines et carpelles.

Nous avons constaté, dans ce qui précède, la progression suivante :

● *Chez les Fougères,* les organes producteurs de spores sont des feuilles, souvent banales, et appelées pour cette raison des *sporophylles;* elles se différencient fréquemment de la manière suivante :

sporophylles { mégasporophylles → spores → prothalles femelles ; microsporophylles → spores → prothalles mâles }

● *Chez les Gymnospermes,* les méga- et les microsporophylles sont généralement des écailles, groupées la plupart du temps en *cône*. Les écailles « mâles » et les écailles « femelles » du Pin, par exemple, ne sont pas identiques : elles diffèrent non seulement par leur taille, mais aussi par leur morphologie et la spécialisation de leurs différentes parties.

● *Chez les Angiospermes,* la différenciation morphologique est encore plus grande; on ne peut donc plus se contenter de parler de mégasporophylles et de microsporophylles, car les organes qui produisent l'ovule et le grain de pollen sont extrêmement différents des feuilles végétatives. Pour des raisons que nous comprendrons mieux par la suite, on les appelle *carpelles* (du grec *karpos* = « fruit ») et *étamines* (du latin *stamen* = « fil »).

Il est possible d'assimiler les mégasporophylles des Gymnospermes aux carpelles des Angiospermes et les microsporophylles aux étamines.

	Gymnospermes	Angiospermes
♀	Mégasporophylles (écailles de la « pomme de Pin » par exemple).	Carpelles.
	Mégasporanges portés par les mégasporophylles (chez le Pin, une écaille porte deux mégasporanges).	Ovules enfermés dans le carpelle (et non pas nus, comme les mégasporanges).
	2 à 18 cotylédons selon les espèces.	1 ou 2 cotylédons.
♂	Microsporophylles.	Étamines.
	Microsporanges.	Sacs polliniques.
	Microspores donnant un minuscule prothalle.	Grains de pollen.

Comparaison des organes reproducteurs des Gymnospermes et des Angiospermes.

Le périanthe.

Les organes reproducteurs des Angiospermes sont protégés, entourés de pièces également très modifiées par rapport à des feuilles, souvent spécialisées de telle façon qu'elles attirent les Insectes par l'entremise desquels peut s'effectuer la pollinisation. Ces pièces florales constituent la *corolle* et le *calice*. L'ensemble corolle + calice s'appelle le *périanthe* (du grec *peri* = « autour », et *anthos* = « fleur ») :

périanthe { corolle (formée de *pétales*) ; calice (formé de *sépales*) }

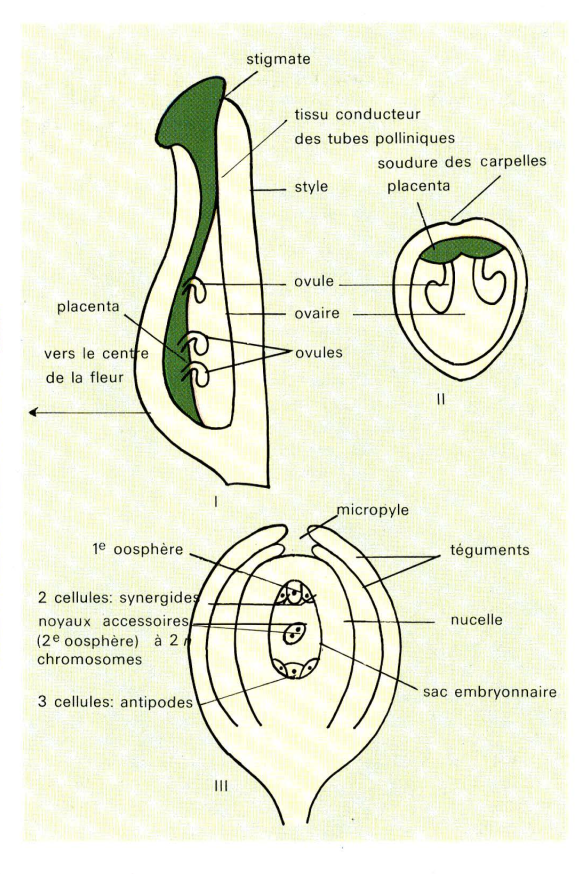
On a longtemps admis sans discussion, à la suite de Gœthe (qui n'est pas seulement l'immortel auteur de *Faust* mais aussi un botaniste visionnaire), que les fleurs étaient entièrement constituées de feuilles modifiées. Cette conception est aujourd'hui combattue par certains botanistes. En particulier, le Français Plantefol, en se fondant sur des observations embryologiques, estime que les sépales sont bien des feuilles modifiées, mais que les autres pièces florales, dérivant de parties différentes du *méristème* (ce tissu végétal indifférencié est décrit et étudié p. 9), représentent une création originale de la plante.

Principales particularités des Angiospermes.

● *Le carpelle.* Contrairement à celui des Gymnospermes, qui est plus ou moins plan, le carpelle des Angiospermes est replié sur lui-même, limitant une partie creuse, la cavité de l'*ovaire;* il est possible d'imaginer qu'il s'agit d'une feuille modifiée. L'une des transformations importantes est l'allongement de la partie stérile du carpelle en un *style* terminé par une surface préparée à recevoir le pollen, le *stigmate :* les grains de pollen, captés par le stigmate, germent en produisant des tubes qui s'enfoncent dans le style où un tissu conducteur les alimente et les dirige vers les ovules.

● *Les gamétophytes.* Comme chez les Gymnospermes, le gamétophyte femelle est enfermé dans l'ovule et le gamétophyte mâle dans le grain de pollen.

L'*ovule* des Angiospermes est protégé par deux téguments (ou par un seul, résultant dans ce cas d'une soudure ou d'une réduction des deux téguments primitifs). A l'intérieur, comme chez les Gymnospermes, le nucelle est le tissu producteur de spores femelles (mégaspores); une seule spore se développe, sur place, et donne le gamétophyte femelle. Celui-ci n'est pas aussi volumineux que chez les Gymnospermes :



Le carpelle des Angiospermes (représentation schématique). I. Coupe longitudinale. — II. Coupe transversale. — III. Ovule (chaque point figure un des 8 noyaux).

c'est le *sac embryonnaire,* qui renferme en règle générale huit noyaux cellulaires et dont la constitution présente des variations peu nombreuses.

Le *gamétophyte mâle* (grain de pollen), simplifié lui aussi, ne comporte plus que deux noyaux dont l'un se divisera pour donner les deux *spermatozoïdes* qui ne sont jamais pourvus d'organes moteurs comme c'était le cas, par exemple, chez les Cycas (voir p. 73). Les spermatozoïdes sont amenés au contact de l'ovule par le tube pollinique (ou *siphon*); les spécialistes appellent ce procédé de fécondation la *siphonogamie*. Les grains de pollen sont munis de pores ou de fentes qui facilitent la sortie du tube pollinique.

On voit qu'il n'est plus question de distinguer ici des archégones et des anthéridies comme chez les Fougères (ce qui était encore possible, à la rigueur, chez les Gymnospermes) : ces organes ont complètement disparu (le sac embryonnaire typique a été interprété comme l'équivalent de deux archégones de Cycas soudés).

● *La fécondation.* Les spermatozoïdes, arrivés dans l'ovule grâce au tube pollinique, ont tous les deux leur rôle à jouer. La fécondation est double. Dans le sac embryonnaire se trouvent en effet deux « gamètes » femelles, deux *oosphères :* l'une est relativement petite, « normale », mais l'autre est la juxtaposition de deux noyaux. L'oosphère « normale » est fécondée par l'un des deux spermatozoïdes; elle devient un œuf pourvu de $2n$ chromosomes. Cet œuf donnera naissance à la future *plante nouvelle*. La seconde oosphère (oosphère « accessoire »), est fécondée elle aussi par l'autre spermatozoïde; elle forme un œuf renfermant $3n$ chromosomes. Cet œuf engendrera un tissu particulier, l'*albumen,* réserve nutritive de l'embryon.

oosphère « normale » (n chromosomes) + 1er spermatozoïde (n chromosomes) → œuf à $2n$ chromosomes → plante nouvelle

oosphère « accessoire » ($2n$ chromosomes) + 2e spermatozoïde (n chromosomes) → œuf à $3n$ chromosomes → albumen

L'oosphère « accessoire » possède $2n$ chromosomes, puisqu'elle est constituée par la juxtaposition de deux noyaux possédant n chromosomes chacun (voir figure ci-dessus).

● *Le fruit.* Le carpelle qui enveloppe les ovules se transforme pendant que ceux-ci deviennent, après la fécondation, des graines; il devient alors un *fruit* (en grec : *karpos*). Le fruit protège les graines et facilite souvent leur dissémination. Cette dernière remarque justifie le nom qui a été donné au sous-embranchement (Angiosperme) : les graines ne sont pas à nu (les Gymnospermes n'avaient pas de véritable fruit), elles sont à l'intérieur d'un fruit.

L'APPAREIL VÉGÉTATIF DES ANGIOSPERMES.

Comme chez les Gymnospermes, l'appareil végétatif des Angiospermes porte l'appareil reproducteur, c'est-à-dire la ou les fleurs, qui abritent le gamétophyte; l'appareil végétatif lui-même est donc un *sporophyte* (c'est-à-dire une plante productrice de spores). Il comprend la racine, la tige et les feuilles.

Origine et durée de l'appareil végétatif.

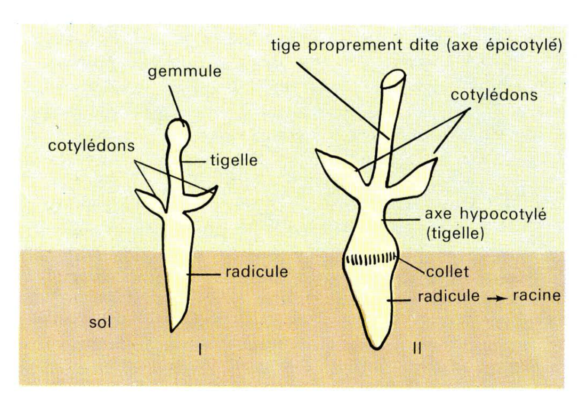
La plantule.

● *La fusion* du gamète mâle et du gamète femelle, à l'intérieur de l'ovule, produit un œuf, ou *zygote*. Cet œuf se développe à l'intérieur de l'ovule qui devient une *graine*. Dans celle-ci, l'*embryon*, ou *plantule* (« petite plante »), ne se développe pas immédiatement. Cet arrêt de développement (qu'on appelle une *diapause*), plus ou moins obligatoire, favorise la résistance de la plantule à des conditions de milieu défavorables.

● *La germination de la graine* libère la *plantule* qui présente alors quatre parties bien distinctes :
— une ébauche de racine : la *radicule* ;
— une ébauche de tige : la *tigelle* ;
— une ébauche de bourgeon terminal, à l'extrémité de la tigelle : la *gemmule* ;
— une ou deux ébauches de feuilles qu'on appelle les *cotylédons*.

Les Végétaux dont la plantule ne porte qu'un cotylédon s'appellent des *Monocotylédones*; ceux dont la plantule porte deux cotylédons sont les *Dicotylédones*. Les cotylédons absorbent les réserves nutritives de l'albumen, ou servent eux-mêmes de réserves nutritives.

● *La graine étant au sol,* la radicule s'allonge, sort de la graine et enracine la nouvelle *plante*. Cette plante n'est cependant pas encore adulte, car elle n'est pas immédiatement en état de produire des fleurs. Cependant elle a déjà parfaitement la morphologie d'une Angiosperme; le schéma ci-dessous précise ces différentes parties.



Implantation de la plantule dans le sol (I) et différentes parties de la plante juvénile (II). La tige proprement dite dérive de la gemmule et prolonge vers le haut la tigelle; l'ensemble racine-tige constitue l'axe de la plante.

Durée de l'appareil végétatif.

● *Les plantes annuelles* fleurissent pendant la belle saison de l'année qui les a vues naître; à la fin de l'été, elles meurent et leur espèce se perpétue par les graines qu'elles produisent et qui sont capables de supporter l'hiver.

● *Les plantes bisannuelles* ne fleurissent que la seconde année de leur existence. A la fin de la première année, la partie aérienne de la plante disparaît; elle est régénérée au début de la seconde année grâce aux réserves nutritives accumulées dans les organes souterrains spécialisés *(tubercules)*. Après avoir fleuri, elle meurt à la fin de la belle saison. Dans certains cas (relativement peu fréquents), la plante vit plus de deux ans.

● *Les plantes vivaces* (ou *pluriannuelles*) vivent pendant plusieurs années. En général elles fleurissent chaque année (plantes dites *polycarpiques*). Certaines plantes vivaces vivent plusieurs années avant de fleurir, et meurent après avoir fleuri (ce sont les plantes dites *monocarpiques*); ainsi l'Agave ne donne des fleurs qu'aux environs de sa cinquantième année et meurt après avoir fleuri.

La survie des plantes vivaces, pendant l'automne et l'hiver, est assurée par des organes souterrains (bulbes, rhizomes, tubercules) ou des parties aériennes persistantes (arbres, plantes en rosette), capables de reprendre leur croissance grâce aux bourgeons qu'ils portent.

La tige.

Voir aussi p. 9 pour l'anatomie de la tige.

Croissance et ramification.

● *La croissance en longueur* de la tige est assurée par son *bourgeon terminal*, qui engendre aussi des feuilles ainsi que les bourgeons situés à l'aisselle des feuilles et qu'on appelle pour cela des *bourgeons axillaires*. Des bourgeons dits *adventifs* peuvent aussi apparaître, presque « accidentellement », sur des racines, des feuilles et à l'emplacement de blessures.

Sur la tige, des renflements appelés *nœuds* portent les feuilles; la partie située entre deux nœuds (l'*entre-nœud*) est généralement capable de s'allonger au cours de la vie de la plante.

● *La croissance du Végétal* se poursuit selon deux modes.

— Ou bien le bourgeon terminal poursuit sa tâche et, à mesure que s'allonge la tige, des bourgeons axillaires se développent, successivement de la base au sommet, ce qui aboutit à une ramification du Végétal dite *ramification en grappe*. Dans le cas où le bourgeon terminal s'arrête de fonctionner et si plusieurs bourgeons à la fois prennent sa succession, les rameaux s'étalent horizontalement.

— Ou bien le bourgeon terminal avorte (ou il engendre des fleurs, ce qui l'empêche de prolonger la croissance) et le bourgeon axillaire situé immédiatement au-dessous de lui prend le relais.

● *Les ramifications de l'axe,* dans le cas de l'avortement du bourgeon terminal, peuvent être de deux sortes :

— Si les feuilles *alternent,* le bourgeon axillaire le plus proche du sommet produit une pousse qui se place dans le prolongement de la précédente.

— Si les feuilles sont opposées, les deux bourgeons opposés les plus voisins du sommet donnent deux pousses opposées, à peu près égales, réalisant une ramification appelée *cyme bipare*, caractéristique de certaines inflorescences.

Il faut aussi noter que toutes les tiges latérales ne deviennent pas nécessairement de longs rameaux (nous avons déjà observé ce phénomène chez les Gymnospermes : les feuilles du Pin - les aiguilles - sont portées par des rameaux courts).

Diverses formes de tiges.

Les plantes dont les tiges sont très courtes et dont les feuilles sont par conséquent attachées presque au niveau de la surface du sol, sont dites *plantes acaules* (*a* = préfixe privatif; *kaulos* = « tige »).

Les tiges peuvent soit s'élever plus ou moins haut dans les airs (tiges aériennes), soit s'enfoncer dans le sol (tiges souterraines).

● *Principaux types de tiges aériennes.* Ils sont indiqués sur le tableau ci-contre.

● *Les tiges souterraines* sont des *rhizomes*. Les rhizomes accumulent en général des réserves nutritives qui permettent à leurs bourgeons, protégés par une couche de terre, de survivre au froid de l'hiver et de subsister entre deux floraisons. C'est ainsi que l'on s'en va cueillir le Muguet au mois de mai, toujours au même endroit, là où se trouve son rhizome (le Muguet est une plante vivace).

Le *tubercule* est l'extrémité renflée d'un rhizome. L'exemple le plus connu est celui du tubercule de la Pomme de terre; on voit à sa surface les « yeux » qui marquent l'emplacement des bourgeons. Le tubercule des Crosnes lui est comparable.

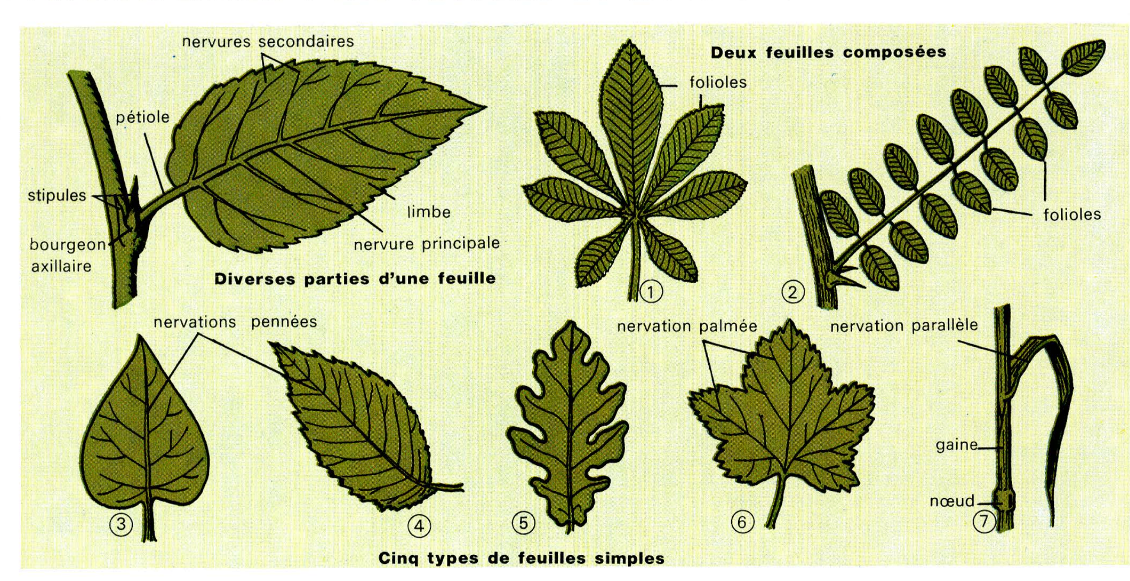
Dénomination	Définition	Exemples
Bulbe	Tige extrêmement courte, dont les écailles sont celles du bourgeon terminal, volumineux, ou les bases renflées de longues feuilles dont le sommet a disparu.	
Bulbe écailleux	Bulbe dont l'axe est presque aussi développé que les écailles, qui sont épaissies et chargées de réserves nutritives.	Lis.
Bulbe solide	Bulbe dont la tige est renflée, gorgée de réserves nutritives, et les écailles sont desséchées et coriaces (on les appelle aussi *tubercules*).	Iris, Glaïeuls, Crocus.
Bulbe tuniqué	Bulbe analogue au bulbe écailleux; mais les écailles sont de deux sortes : celles du centre, charnues, remplies de réserves nutritives, sont entourées d'écailles fines et desséchées : les *tuniques*.	Oignons, Jacinthes.
Bulbille (ou caïeu)	Bourgeon développé en petit bulbe qui reprendra son activité une fois détaché de la plante mère.	« Gousses d'Ail », Tulipes, Lis, Ficaires.
Chaume	Tige creuse des Graminées et des Ombellifères.	
Coulant	Rameau couché, portant des racines adventives (synonyme : *stolon*).	Fraisier.
Drageons	Rameaux qui proviennent du système radiculaire; ils sont formés à partir de bourgeons adventifs apparus sur les racines.	
Épines (ou piquants)	Rameaux transformés.	Aubépine, Ajonc, Prunellier.
Lianes	Tiges ligneuses très longues et souvent minces, qui poussent normalement en s'appuyant sur un support. Elles sont dites *grimpantes* lorsqu'elles s'attachent à ce support par des racines adventives, ou *volubiles* quand elles ne font que s'enrouler autour du support, s'y accrochant par des vrilles.	Lierre (liane grimpante), Houblon (liane volubile).
Stipe	Axe des Palmiers, ne présentant pas de ramifications.	
Stolon	Voir *coulant*.	
Vrilles	Rameaux transformés.	Vigne.

Principaux types de tiges.

Un cas particulier de tige : l'arbre.

L'arbre est une tige qui, fortement lignifiée, peut s'accroître considérablement, aussi bien en diamètre qu'en hauteur, l'agrandissement diamétral autorisant l'augmentation de la taille. Il est recommandé au lecteur de se reporter à l'étude des tissus végétaux, p. 9, pour la compréhension de ce qui suit.

La croissance en épaisseur est rendue possible par l'existence de tissus appelés *cambiums*, en premier lieu un *cambium libéro-ligneux* qui produit chaque année, du côté externe, une mince couche de *liber,* et du côté interne une couche de *bois*.



Feuilles composées : 1. Palmée (Marronnier). 2. Pennée (Robinier). Feuilles simples : 3. Entière (Lilas). 4. Dentée (Orme). 5. Lobée (Chêne). 6. Découpée (Groseillier). 7. Entière et engainante (Blé).

● *Au printemps,* la poussée de la sève nécessite un appareil circulatoire à grand débit : le cambium libéro-ligneux engendre alors de larges vaisseaux qui viennent épaissir le bois de l'année précédente : de place en place apparaissent des cellules parenchymateuses, allongées, disposées en files parallèles au rayon du tronc : ce sont les rayons médullaires, qui établissent une communication entre l'intérieur et la périphérie de l'arbre, permettant la circulation des liquides. Sur un tronc de chêne scié, par exemple, les plus gros de ces rayons se distinguent aisément : ils dessinent la *maillure* caractéristique de ce bois.

● *Au début de l'été,* la circulation de la sève se ralentit, des vaisseaux plus étroits sont mis en place; ainsi, bois de printemps et bois d'été se succèdent chaque année, donnant la structure en *anneaux concentriques,* les *cernes,* qui matérialisent la vie rythmique de l'arbre et permettent, par conséquent, d'évaluer son âge quand il a été abattu.

● *Lorsque l'arbre vieillit,* son « cœur » s'ankylose; petit à petit, du centre vers la périphérie, la vie se retire. Les cellules des rayons médullaires meurent, la sève s'arrête de circuler dans les vaisseaux qui s'obstruent; des tanins, des résines, des matières colorantes momifient progressivement le bois. La partie centrale du tronc, affectée par cette transformation, qu'on appelle couramment le cœur du bois, se nomme aussi le *duramen* (pour les menuisiers c'est le « bois parfait »). Tout autour du duramen, l'*aubier,* plus clair, plus tendre, assure la relève.

● *La couche de liber* déjà existante est repoussée vers l'extérieur par la couche nouvellement formée. L'ensemble n'est jamais très épais; le tissu libérien le plus superficiel meurt écrasé par un tissu provenant d'un *cambium externe* qui produit aussi le *liège* (ou *suber*), tissu protecteur le plus superficiel de l'arbre. Lorsque l'on arrache l'écorce d'un arbre, on retire la couche de liège, en général crevassée par la distension, doublée intérieurement par la couche du tissu dont nous venons de parler (et que l'on nomme, savamment, le *phelloderme*); on déchire souvent en même temps la couche de liber sous-jacente, plus ou moins verdâtre et suintante de sève.

Les feuilles.

Les feuilles sont des expansions de la tige, insérées sur celle-ci selon une ou plusieurs spirales. Elles peuvent être isolées *(feuilles alternes), opposées* deux par deux, ou encore attachées en couronne par groupes de trois ou plus *(feuilles verticillées).*

Différentes parties de la feuille.

Une feuille simple comporte une partie plate, le *limbe,* spécialisée dans la photosynthèse (voir p. 17). Le limbe est rattaché à l'axe par le *pétiole,* dont la base, ou base *foliaire,* est parfois dilatée en une *gaine* (bien développée chez les Monocotylédones et les Ombellifères). En haut de la gaine des Graminées se trouve souvent une petite lame verte, la *ligule.*

Quelquefois une ou plusieurs *stipules,* petites lames vertes, accompagnent le pétiole à sa base. Enfin, très rarement, le pétiole est renflé en une pseudo-tige qu'on appelle une *phyllode* (c'est le cas de l'Acacia). On retrouve les mêmes parties dans une feuille composée, c'est-à-dire une feuille dont le limbe est divisé en *folioles* (exemple : l'Hellébore).

Le limbe est parcouru de *nervures* contenant les tissus conducteurs de sève. La disposition de ces nervures est caractéristique. Chez les Monocotylédones, les nervures sont parallèles; chez les Dicotylédones, elles présentent des ramifications variées.



Le Haricot est une Légumineuse facile à observer : la plante comprend une partie aérienne, souvent volubile, dont les feuilles comprennent trois folioles et une partie souterraine (racine) : c'est à cet ensemble de racine, tige et feuilles que l'on donne le nom d'appareil végétatif.

Modification des feuilles.

Selon les conditions de vie et leurs fonctions, les feuilles peuvent subir des modifications importantes.

● *Les écailles* des bourgeons et des bulbes, la plus grande partie des pièces florales également, sont des feuilles transformées.

● *Les épines* du Houx sont formées par le bord des feuilles, celles du bas des rameaux de l'Épine-Vinette sont formées par des feuilles entières et celles du Robinier par des stipules. Dans les régions désertiques, les feuilles se transforment en *aiguilles* (exemple : Cactus).

● *Les pièges* des plantes carnivores sont des feuilles transformées. C'est le cas des Droseracées, des Sarraceniacées, des Nepenthacées, des Cephalotacées, des Utriculariacées. Ainsi la feuille de *Drosera* est couverte de glandes qui sécrètent une enzyme assurant la digestion des petites proies animales que la plante capture en repliant la feuille sur elles. Dans le genre *Dionæa,* la partie supérieure du limbe est articulée et munie de griffes, constituant ainsi un véritable piège à insectes. Dans d'autres cas, par exemple chez les Nepenthacées, les feuilles sont terminées par une *urne* où se noient les Insectes qu'elles capturent.

La racine.

La racine est, communément, la partie de la plante qui fixe celle-ci sur son milieu nourricier (en général le sol). Cette définition descriptive est très insuffisante et les botanistes contemporains s'accordent à dire que, lorsqu'on considère le problème dans son ensemble, il n'y a aucune différence profonde entre tige et racine, quoique tige et racine se caractérisent par une structure anatomique différente. On peut définir aussi la racine d'une manière physiologique : elle est la partie de la plante qui préside aux fonctions d'absorption des substances du sol.

Morphologie.

L'extrémité de la racine est recouverte par une sorte de capuchon, la *coiffe,* au-dessus de laquelle se trouve une zone lisse, puis une zone couverte de *poils absorbants,* grâce auxquels est assuré le ravitaillement en eau et en sels minéraux de la plante. Le vieillissement de la racine entraîne la chute des poils absorbants qui, par suite, revêtent seulement les ramifications les plus fines de la racine : les *radicelles,* souvent éloignées de la tige qu'elles alimentent.

Les racines typiques ne portent jamais de feuilles (c'est un des éléments qui les différencient des tiges; ce n'est cependant pas un critère général, car les organes qui tiennent lieu de racines chez certains Végétaux inférieurs comme les Sélaginelles peuvent former des feuilles).

De même, le mode de ramification est différent pour la racine et pour la tige : chaque racine secondaire naît dans la profondeur de la racine principale et non à partir d'un bourgeon. On appelle *racines adventives* celles qui naissent d'une tige (sous le plateau d'un bulbe ou le stolon d'un Fraisier par exemple) ou même d'une feuille (exemple : le Bégonia).

Principales formes de racines.

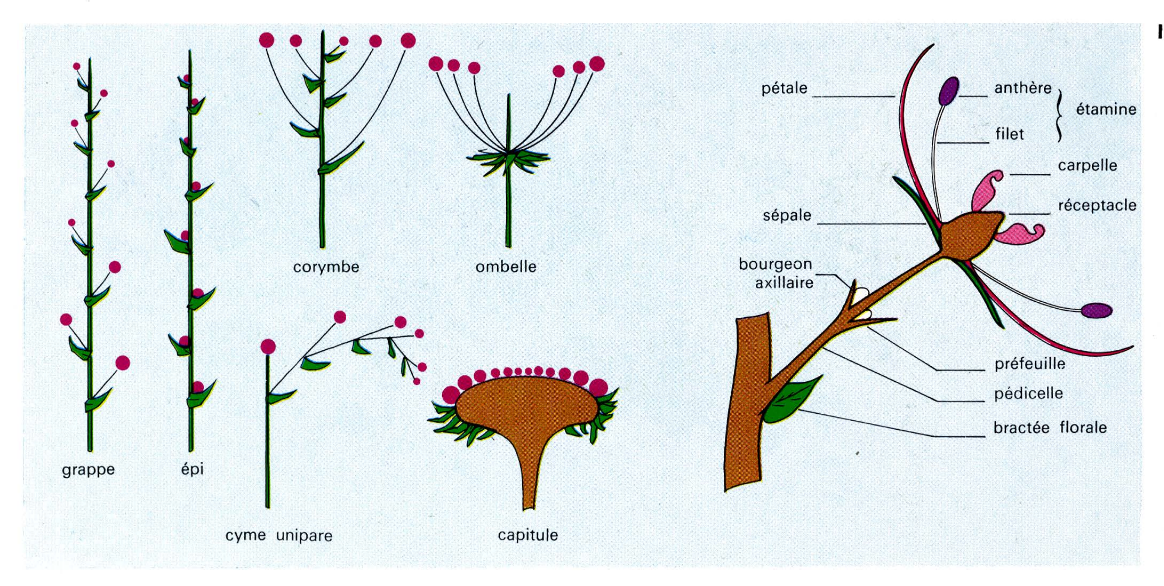
● *Les racines servent fréquemment d'organes de réserves.* La racine principale est alors très souvent prépondérante, s'enfonçant plus ou moins verticalement dans le sol : c'est une racine *pivotante* (par opposition aux racines dont les ramifications s'étalent en nappes — *racines fasciculées* — et aux *racines traçantes* qui s'étendent au loin). Fortement renflée, une telle racine est un *tubercule* (Dahlias, Orchis, Ficaires). Les tubercules de la Carotte, de la Betterave, du Radis, du Navet, du Céleri-rave portent une tige très courte, constituée par l'axe hypocotylé (voir le schéma p. 78). Noter que le terme « tubercule » désigne aussi bien des racines que des tiges tubérisées.

● Les *racines aériennes* existent chez les plantes qui ne vivent pas fixées dans le sol *(plantes épiphytes* par ex.*),* mais d'autres Végétaux en possèdent pour diverses raisons : les *suçoirs* du Gui sont des racines; ceux de la Cuscute sont aussi des racines adventives, comme les *crampons* du Lierre.



Tilleul : *Tilia grandifolia* - Tiliacées.
Erable plane : *Acer platanoides* - Aceracées.
Bouleau : *Betula alba* - Betulacées.
Marronnier : *Aesculus hippocastanum* - Hippocastanacées.
Peuplier d'Italie : *Populus nigra* - Salicacées.
Sorbier des oiseleurs : *Sorbus aucuparia* - Rosacées.
Orme : *Ulmus campestris* - Ulmacées.

Frêne élevé : *Fraxinus excelsior* - Oléacées.
Chêne rouvre : *Quercus sessiliflora* - Fagacées.
Séquoia à feuilles persistantes : *Sequoia sempervirens* - Taxodiacées.
Cèdre : *Cedrus atlantica* - Pinacées.
Saule Marsault : *Salix capraea* - Salicacées.
Groseillier des Alpes : *Ribes alpinum* - Saxifragacées.

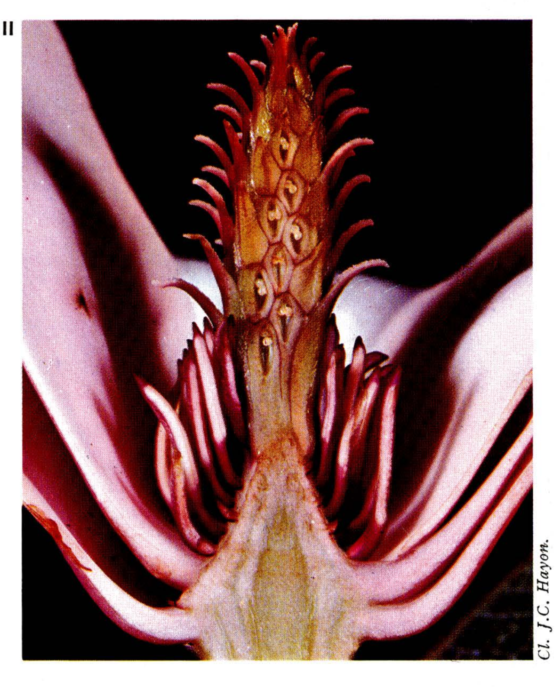



Les inflorescences.

I


Cl. J.C. Hayon.

II


Cl. J.C. Hayon.

LA FLEUR DES ANGIOSPERMES.

Nous allons décrire dans ce qui suit les différentes pièces qui constituent une fleur et qu'on appelle les *pièces florales*. Nous serons amené à introduire des termes de vocabulaire qui risquent de paraître rébarbatifs à certains de nos lecteurs : qu'ils ne se laissent cependant pas arrêter par des mots et qu'ils s'aident éventuellement de l'examen attentif des photographies et des schémas qui accompagnent ce texte.

Généralités.

● *La fleur* se développe à partir d'un bourgeon qui se transforme en un *bouton floral*. Il est situé soit au sommet d'un rameau feuillé (bourgeon *terminal*), soit à l'aisselle d'une feuille (bourgeon *axillaire*). Dans ce dernier cas, la feuille est fréquemment réduite, simplifiée : on l'appelle alors une *bractée florale*.

A l'intérieur du bouton, les pièces florales sont déjà ébauchées : elles grandissent lors de l'éclosion du bouton et leur épanouissement forme la fleur dont les éléments se trouvent portés à l'extrémité d'un *pédoncule*, plus ou moins long. Cette extrémité, souvent plus ou moins renflée, de forme caractéristique, s'appelle le *réceptacle floral*. Sur le pédoncule, entre la bractée et la fleur, sont attachées une ou deux petites lames vertes nommées *préfeuilles* ou encore *bractéoles*. Dans les schémas, on désigne souvent la bractée florale par la lettre B et les bractéoles par la lettre grecque β *(bêta)*.

● *Une fleur est rarement isolée ;* elle se trouve généralement à proximité d'une ou plusieurs autres fleurs, formant avec celles-ci une *inflorescence* (au sens strict). Dans un sens plus large, on appelle aussi inflorescence la disposition générale des fleurs sur la tige, caractéristique des genres et des espèces. Les schémas ci-dessus précisent les principales formes d'inflorescence.

● *Le sexe des plantes*. Nous avons déjà dit que les gamètes étaient produits par les étamines (organes mâles) et les carpelles (organes femelles). Une fleur qui ne porte que des étamines est appelée une *fleur mâle*, une fleur qui ne porte que des carpelles est appelée une *fleur femelle*. Une fleur qui porte à la fois des étamines et des carpelles est appelée *fleur hermaphrodite*. Si l'on considère les différentes plantes que l'on trouve dans la nature, on constate les trois cas suivants :

— 1er cas : chaque pied porte à la fois des fleurs femelles et des fleurs mâles : la plante est dite *monoïque* (du grec *monos* = « un seul », et *oikos* = « lieu » ; plante dont les organes mâles et femelles sont situés en un même lieu, c'est-à-dire sur un même pied) ;

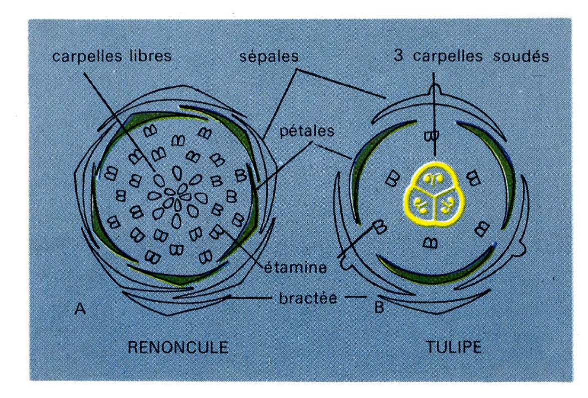
— 2e cas : les fleurs mâles sont portées par certains pieds et les fleurs femelles par d'autres pieds ; la plante est dite alors *dioïque ;*

— 3e cas : sur le même pied ou sur des pieds différents se trouvent des fleurs mâles, femelles ou hermaphrodites ; la plante est dite alors *polygame*.

A la différence des Gymnospermes, les Angiospermes ont des fleurs habituellement hermaphrodites.

● *Symétrie des fleurs*. Les fleurs bien régulières, qui ont une symétrie *radiaire*, c'est-à-dire dont toutes les parties sont analogues selon les rayons, sont dites *actinomorphes ;* quand elles sont irrégulières, on les qualifie de *zygomorphes*. Quand on observe une fleur actinomorphe, on aperçoit donc toutes les parties de cet organe ; par contre lorsqu'on observe une fleur zygomorphe, certaines pièces sont cachées par d'autres.

● *Les pièces florales* (sépale, pétale, etc.) sont insérées au sommet du pédoncule, soit en cercles concentriques (c'est ce qu'on appelle une *insertion verticillée*), soit en spirale. Cette disposition peut être exprimée par un *diagramme floral*, qui est en quelque sorte le « plan » de la fleur.



Deux diagrammes floraux.

Le réceptacle et les carpelles.

Le réceptacle.

On appelle ainsi la partie de la fleur qui porte les différentes pièces florales. En général, il comprend deux parties :

— une partie supérieure qui porte les carpelles (dont la partie basale, renflée, est l'ovaire) ;

— une partie inférieure portant les autres pièces florales.

La manière dont sont insérés les carpelles est particulièrement intéressante. Ces pièces sont en quelque sorte les éléments « maternels » des plantes ; c'est au cœur de l'ovaire, plus tard transformé en *fruit*, que se trouvent les *graines* qui donneront naissance à une future plante. Chez les espèces les plus archaïques, les ovaires sont moins protégés que chez les espèces évoluées. Chez les Renoncules, par exemple, les carpelles sont insérés sur un réceptacle bombé qu'on appelle un *thalamus ;* chez les Rosacées, au contraire, ils sont enfouis au fond d'une cavité en forme de coupe, plus ou moins profonde. Entre ces deux extrêmes, il y a place pour un mode d'insertion intermédiaire, sur un *disque* situé au centre de la fleur, à l'intérieur de la corolle. D'où la distinction entre des plantes *Thalamiflores* (comme les Renoncules, les Magnolias), des *Disciflores* (comme le Citronnier) et des *Caliciflores* comme les Rosacées. Dans ce dernier cas, le réceptacle est appelé *conceptacle*. Les photographies ci-dessus et celles de la page ci-contre montrent quelques aspects de réceptacles.

Les carpelles et l'ovaire.

Nous avons décrit les principales parties du carpelle p. 79.

● *Chez certaines plantes*, l'ovaire libre (constitué par la partie basale et renflée des carpelles) est situé *au-dessus* de la base de la corolle : on dit alors qu'il s'agit d'un *ovaire supère*. Chez d'autres plantes au contraire, l'ovaire s'insère *au-dessous* de la corolle et adhère aux parois du conceptacle, auquel il est soudé : on parle alors d'un *ovaire infère*. Un ovaire infère est mieux « protégé » qu'un ovaire supère : c'est la marque d'une évolution plus grande du végétal.

● Dans le cas où l'ovaire s'insère au-dessous de la corolle, sans être soudé aux parois du conceptacle, comme chez les Roses, il est dit *semi-infère*.

Quel que soit le type de structure, supère, semi-infère ou infère, l'ovaire ne se trouve généralement pas au même niveau que les autres pièces florales (sépales, pétales et étamines).

Le périanthe.

Il est composé du *calice* (ensemble des sépales), de la *corolle* (ensemble des pétales), qui entourent les organes reproducteurs, c'est-à-dire les étamines et les carpelles (*peri* = « autour », *anthos* = « fleur »). Les



III

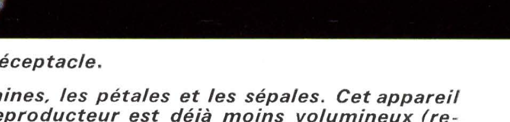
Cl. J.C. Hayon.



IV

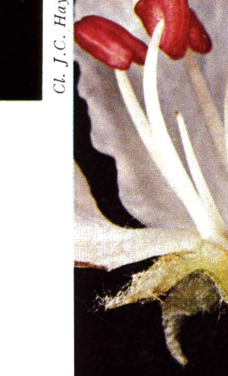


Divers aspects du réceptacle.



V

Cl. J.C. Hayon.



VI

Cl. J.C. Hayon.



Cl. J.C. Hayon.

I. Thalamus de Magnolia, vu de face : le cône allongé qui s'élève au centre de la fleur est le thalamus. Il porte un grand nombre de carpelles isolés les uns des autres; dans sa partie inférieure, on aperçoit de nombreuses étamines assez courtes.

II. Le même thalamus vu en coupe : on aperçoit bien, dans la partie supérieure, la base renflée des carpelles — les ovaires — contenant chacun deux ovules.

III. Le thalamus très allongé de Myosurus minimus, *petite plante ne dépassant guère 5 cm de hauteur et qui fleurit en été : remarquez le contraste entre l'énorme appareil reproducteur et le petit appareil végétatif.*

IV. Thalamus de Renoncule (Ranunculus sceleratus) *: le thalamus est cet organe vert, bombé, au pied duquel sont insérés les étamines, les pétales et les sépales. Cet appareil reproducteur est déjà moins volumineux (relativement) que celui de* Myosurus.

V. Coupe d'une fleur d'Anémone : le thalamus est presque sphérique et porte les carpelles bien groupés (remarquez leur longueur). Entourant l'ensemble : les nombreuses étamines, les pétales et les sépales.

VI. Un exemple de Caliciflore (fleur de Pommier, Pirus malus*) : les carpelles — soudés entre eux et non plus libres comme ceux des Thalamiflores observées sur les photographies précédentes — sont insérés au fond d'une coupe protectrice (c'est un* conceptacle*). Les sépales et les étamines sont fixés sur les bords de ce conceptacle. Remarquer aussi les* cinq styles *qui prolongent les carpelles et qui émergent du conceptacle.*

Ovaire supère et ovaire infère.



I

Cl. J.C. Hayon.



II

Cl. J.C. Hayon.

I. Ovaire supère dans Daphne mezereum *(fleur de Jolibois) : la corolle est insérée au-dessous de l'ovaire.*

II. Coupe de Galanthus nivalis *(Perce-neige) : la corolle s'insère au-dessus de l'ovaire : c'est un ovaire infère*



Cl. J.C. Hayon.



Exemple de transformation du calice. Autour de la baie de* Physalis alkekengi *(l'Alkékenge), le calice s'est développé d'une façon importante, formant une sorte de grand « lampion ».

pétales et les sépales peuvent être séparés, ce que l'on indique à l'aide du préfixe *dialy* (dialysépales, dialypétales) ou soudés entre eux, ce qu'on indique par le préfixe *gamo* (gamosépales, gamopétales).

Les sépales sont généralement verdâtres ; les pétales, qui ne contiennent pas de chlorophylle, sont diversement colorés. La couleur des pièces florales est due à la présence de pigments variés : *anthocyanes* (rouge, rose, bleu, violet, mauve), pigments flavonoïdes (jaune pâle), pigments dérivés du carotène (rouge, jaune). Les fleurs blanches ne renferment pas de pigments.

Morphologie.

● *Les sépales* peuvent présenter des aspects différents. C'est ainsi que les sépales des Roses ont sur leurs bords des petites lames vertes qui évoquent les folioles des feuilles et que les sépales du Fraisier sont accompagnés de formations du même genre placées au-dessus ou au-dessous des sépales et qu'on appelle les *sépalules* (l'ensemble des sépales forme le calice, l'ensemble des sépalules forme le *calicule*). Quand les sépales ressemblent, par leur aspect et leur structure, à des pétales, on dit qu'ils sont *pétaloïdes*.

● *Les pétales,* c'est-à-dire les pièces colorées qui constituent la corolle, comportent parfois une partie allongée, un *onglet,* logé dans le calice. De même qu'il existe des sépalules, il existe aussi des pétalules. Assez souvent, l'appareil vasculaire des pétales est inséré sur celui des sépales, ce qui a fait penser que, dans ce cas, les pétales seraient des sortes de sépalules internes (on parle quelquefois de sépalo-pétales). D'autres fois, c'est l'appareil vasculaire des étamines qui paraît capté par les pétales.

Il n'est pas rare que les pétales portent, dans une fossette ou dans un éperon, des glandes appelées *nectaires* sécrétant un liquide appelé *nectar* attirant les Insectes (qui, transportant des grains de pollen, peuvent ainsi féconder les plantes).

On estime que 80 % des espèces d'Angiospermes européennes sont pollinisées par l'intermédiaire des Insectes ; d'où l'image souvent employée par certains botanistes de « la fleur séductrice des Insectes ». Sans tomber dans des considérations finalistes puériles (les Insectes attirés « par la beauté » des couleurs des

I





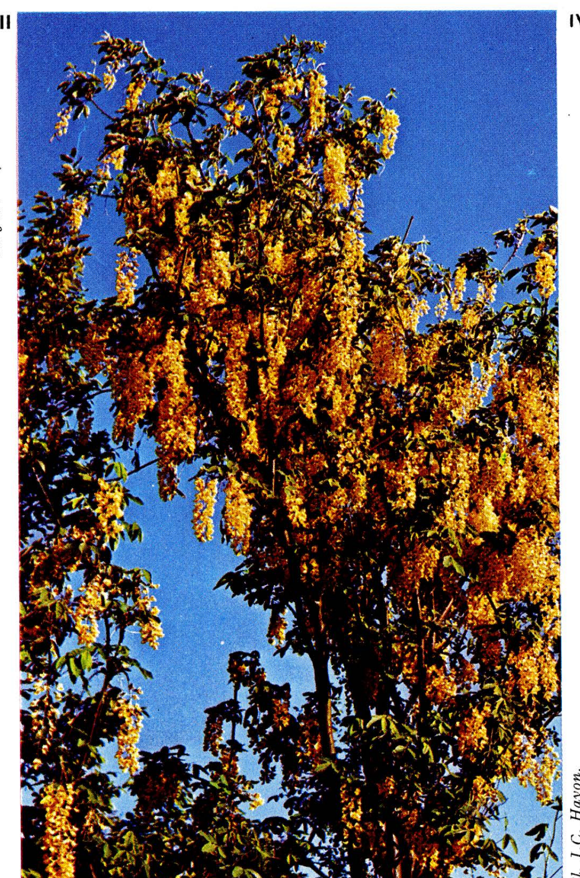
Cl. J.C. Hayon.

II



Cl. J.C. Hayon.

III



Cl. J.C. Hayon.

IV



Cl. J.C. Hayon.

V



Cl. J.C. Hayon.

Différents aspects des corolles.

La *corolle* est formée de l'ensemble des *pétales,* colorés et de formes variées chez certaines fleurs, insignifiants chez d'autres et qui, en se fanant, émeuvent les poètes.

I. Corolle bilabiée de* Lamium galeobdolon *(Lamier jaune).

II.* Digitalis purpurea *(Digitale pourpre) : observer la corolle tubuleuse de cette espèce.

III.* Cytisus laburnum *(Cytise) : les fleurs de cet arbuste ornemental ont une corolle papilionacée.

IV. Organe collecteur de nectar d'*Aconitum lycoctonum *(Aconit tue-loup) : remarquer l'importance de cet appareil par rapport aux étamines.

V.* Helleborus niger *(Rose de Noël) : chez cette fleur, les étamines externes se sont transformées en cornets nectarifères (observer au passage, sur cette photographie, la structure bien apparente des étamines comportant un petit filet blanc surmonté de petits sacs jaunes, les anthères, contenant le pollen).

fleurs, etc.), on peut affirmer qu'un grand nombre des éléments colorés ou odoriférants de la corolle sont repérables par le système nerveux des Insectes qui sont ainsi guidés à distance.

Lorsque les pièces du calice et de la corolle sont identiques d'aspect, on ne parle plus de sépales et de pétales mais d'un seul type de pièces qu'on appelle des *tépales*.

Préfloraison.

Dans le bouton, les pièces du périanthe peuvent ne pas se toucher, ce qui est rare ; en général, faute de place, elles se recouvrent d'une manière caractéristique. Leur agencement à l'intérieur du bouton constitue la *préfloraison* dont les principaux aspects sont les suivants :

— pièces florales éloignées les unes des autres : *préfloraison ouverte ;*

— pièces florales dont les bords sont juxtaposés, sans qu'il y ait recouvrement : *préfloraison valvaire ;*

— pièces florales à la fois en partie recouvertes et en partie recouvrantes : *préfloraison tordue ;*

— ensemble des pièces florales emboîtées les unes dans les autres, recouvertes par une seule pièce : *préfloraison imbriquée ;*

— deux pièces extérieures recouvrantes, pièce intermédiaire recouverte d'un côté et recouvrante par l'autre, les deux pièces internes étant recouvertes : *préfloraison quinconciale* (fréquente chez certaines Dicotylédones) ; c'est une variante de la préfloraison imbriquée.

I



II



Bourgeons à fleurs du Lilas vulgaire.
I. Aspect extérieur : on voit nettement la disposition des futures pièces florales. — II. Après dissection : on découvre une grappe purement florale, avec des bifurcations successives.



L'androcée.

(*Oïkos* = « demeure », *andros* = « de l'homme ».) L'androcée est constitué par les organes mâles de la fleur ou *étamines*.

Généralités.

Les étamines, qui se dressent plus ou moins nombreuses au centre de la fleur, sont constituées de deux sacs polliniques formant l'*anthère*, portée au sommet d'un *filet* prolongé, entre les sacs polliniques, par un *connectif*. C'est dans les étamines que se forment les grains de pollen : les anthères sont en quelque sorte les « testicules » de la fleur. Quand l'étamine est mûre, les sacs polliniques (ou *loges*) de l'anthère s'ouvrent chacun par une fente de part et d'autre du connectif. L'ouverture (ou *déhiscence*) de l'anthère permet la dispersion des grains de pollen.

Les étamines peuvent être comparées aux microsporophylles (feuilles porteuses de microspores) des Ptéridophytes (Fougères).

Disposition des étamines.

La manière dont les étamines sont insérées varie selon les plantes. Les différentes dispositions ont reçu des noms précis qu'il faut connaître.

— *Polystémonie :* les étamines, en nombre élevé, indéterminé, sont insérées en spirale sur le réceptacle (Renoncule, Magnolia).

— *Méristémonie :* les étamines sont disposées en plusieurs cercles *(verticillées) ;* elles sont très nombreuses. Les ébauches d'étamines peuvent engendrer plusieurs étamines chacune, plus ou moins libres ou soudées (on parle alors d' « étamines multiples »).

— *Diplostémonie :* les étamines sont groupées en deux cercles. C'est le cas le plus fréquent. Lorsque le cercle (verticille) externe des étamines a la même disposition que le verticille des pétales (une étamine au-dessus de chaque pétale), on précise en disant qu'il y a *obdiplostémonie*.

— *Isostémonie :* les étamines sont disposées en un seul cercle.

En outre, les étamines apparaissent fréquemment soudées entre elles, par leur filet ou leur anthère ; quand elles forment un seul bloc, elles sont dites *monadelphes ;* lorsqu'elles sont réparties en deux blocs, elles sont dites *diadelphes ;* quand elles sont réparties en plusieurs groupes, elles sont dites *polyadelphes*.

Quant aux grains de pollen, ils ont une paroi double (paroi externe et paroi interne) ; leur surface est lisse en général quand ils sont transportés par le vent, ornementée de saillies diverses lorsqu'ils sont véhiculés par les Insectes.

I



II



III



Les étamines, organes mâles des fleurs.

I. Chatons mâles de Saule (Salix caprea) *: on a ici un très grand nombre d'étamines qui offrent leur pollen aux Insectes. Le chaton de droite, dont les étamines (jeunes) sont entourées de poils, n'est pas encore épanoui. — II.* Poterium sanguisorba *(Pimprenelle) : les fleurs mâles sont groupées (inflorescence) ; de chaque fleur pend un bouquet d'étamines, à filet très long. — III. Coupe d'une fleur de Fraisier* (Fragaria vesca)*. On observe nettement le réceptacle porteur des carpelles et les étamines insérées sur les bords aplatis du réceptacle.*



Cl. J.C. Hayon.

Coupe d'une fleur de Cerisier (**Prunus cerasus**).

On aperçoit nettement, inséré au fond du réceptacle, le carpelle unique de cette fleur, avec son ovaire bombé, son long style et son stigmate (qui se trouve à peu près au niveau des anthères de la fleur).

Le gynécée ou pistil.

(*Gunaïkon* = « habitation des femmes ».)
Le gynécée ou pistil est l'ensemble des carpelles, organes femelles de la fleur.

Généralités.

Le carpelle typique des Angiospermes comporte à sa base une partie renflée : l'*ovaire*, prolongée par une partie allongée, le *style*, et terminée par un organe récepteur de pollen, le *stigmate*. Dans l'ovaire sont insérés les ovules qui contiennent le gamète femelle.

L'insertion des ovules dans l'ovaire permet de distinguer des ovules *anatropes* (renversés), *orthotropes* (droits) ou *campylotropes* (courbes) comme le montrent les schémas ci-dessous.

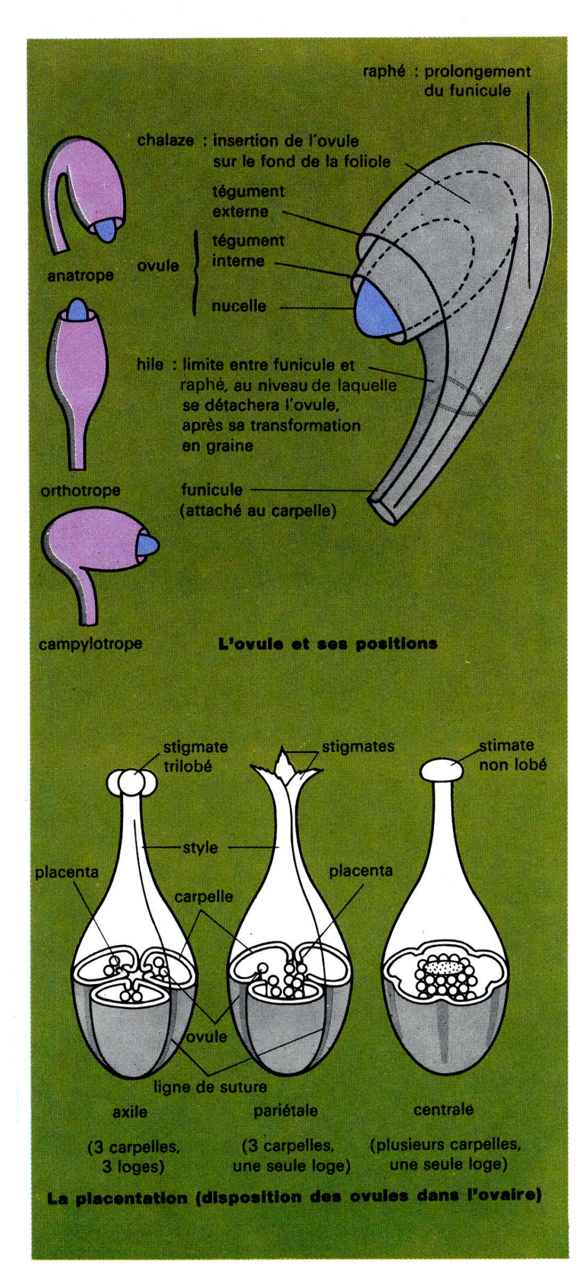
Disposition des carpelles.

Quelquefois séparés, les carpelles sont le plus souvent soudés les uns aux autres, formant ainsi un *pistil composé*. Les dispositions sont très variées : chez les Œillets, par exemple, les ovaires sont seuls soudés, styles et stigmates restant séparés ; chez la Pomme de terre, les carpelles sont entièrement soudés ; chez la Pervenche, les ovaires sont séparés mais le style et le stigmate sont soudés en un style et un stigmate composés, etc. Quoi qu'il en soit, de la soudure des carpelles résulte un *ovaire composé* qui peut avoir des structures diverses (voir les schémas ci-dessous et les photographies ci-contre).

— Lorsque les carpelles, restés ouverts, sont soudés par leurs bords, l'ovaire ne comprend pas de cloison intérieure (il est dit *uniloculaire*, c'est-à-dire à une seule loge), et les placentas se trouvent sur les parois. Par conséquent, les ovules, qui sont insérés sur les placentas, ont une disposition *pariétale*.

— Lorsque les carpelles, repliés sur eux-mêmes, sont soudés par toute la surface de leurs parois latérales, l'ovaire comprend plusieurs loges (il est dit *pluriloculaire*). Les placentas forment alors l'axe du pistil (c'est le cas, très général, de la *placentation axile*).

— Dans certaines familles, les cloisons séparant les carpelles ont disparu ; l'ovaire est alors uniloculaire, mais la placentation est *centrale*, c'est-à-dire que les placentas forment une colonne isolée dans l'axe du pistil.



L'ovaire des Angiospermes.

Pollinisation et fécondation.

● *La pollinisation* est le dépôt des grains de pollen sur le stigmate des fleurs femelles. On distingue deux modes de pollinisation :

— Elle est *directe* lorsque le pollen issu des étamines d'une fleur hermaphrodite est transporté sur le stigmate de cette même fleur ; ce mode de pollinisation est rare et ne peut exister que si le pollen et les ovules arrivent en même temps à maturité ; c'est le seul mode possible pour les fleurs qui ne s'ouvrent pas (exemple : les Violettes).

— Elle est *indirecte* ou *croisée* lorsqu'il y a transport du pollen d'une fleur sur le stigmate d'une autre fleur. Ce mode, très répandu, est celui des fleurs unisexuées ou des fleurs hermaphrodites dont l'ovule et le pollen ne sont pas mûrs en même temps.

Le transport des grains de pollen est réalisé par divers agents : la pesanteur (le pollen tombe, en vertu de son poids, d'une étamine sur le stigmate de fleurs placées plus bas), le vent (qui permet la pollinisation à grande distance), les Insectes *(entomophilie)*, l'eau (qui transporte le pollen des plantes aquatiques) ; certaines plantes cultivées sont pollinisées artificiellement (certaines Orchidées, les Dattiers, etc.).

● *La germination du grain de pollen* (émission d'un tube pollinique qui conduit les spermatozoïdes jusqu'à l'oosphère), chez les Gymnospermes, a été décrite plus haut (p. 74).

● *La fécondation*, chez les Angiospermes, est l'union des gamètes mâles du pollen et des gamètes femelles du sac embryonnaire (voir p. 78). Il en résulte la formation d'un zygote à $2n$ chromosomes et d'un albumen à $3n$ chromosomes.

● *La destinée de l'ovule et de l'ovaire* après la fécondation est étudiée au paragraphe suivant : le lecteur aura intérêt à poursuivre la lecture du texte jusqu'à la fin de ce chapitre, et à revenir ensuite en arrière pour comprendre la structure du gynécée et les fonctions de cette structure.



Cl. J.C. Hayon.

***Fleur** d'**Helleborus fetidus** (Hellébore fétide) : sur cette coupe longitudinale, on observe au centre les ovaires, entourés des étamines et, sur les côtés, les cornets nectarifères.*



Cl. J.C. Hayon.

***Coupe longitudinale des ovaires d'Helleborus niger** (Rose de Noël) : les ovules sont insérés sur la ligne de suture de chaque carpelle.*

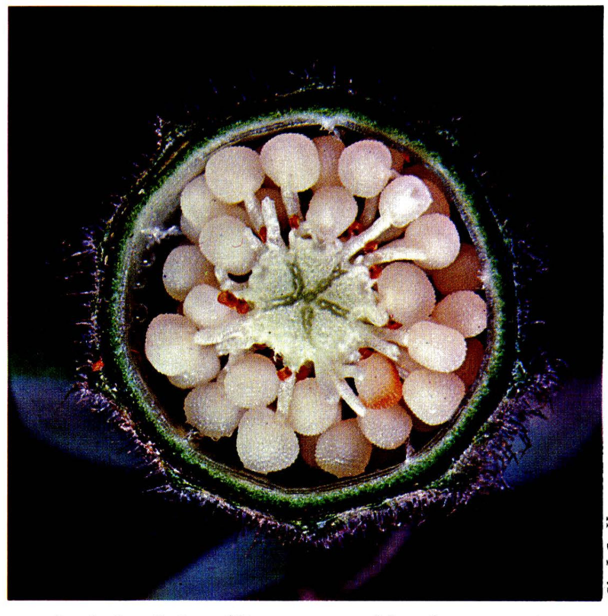


Cl. J.C. Hayon.

Coupe transversale de l'ovaire de l'Hellébore fétide : les trois loges sont encore bien distinctes, mais la disposition des ovules évoque une placentation axile.


Cl. J.C. Hayon.

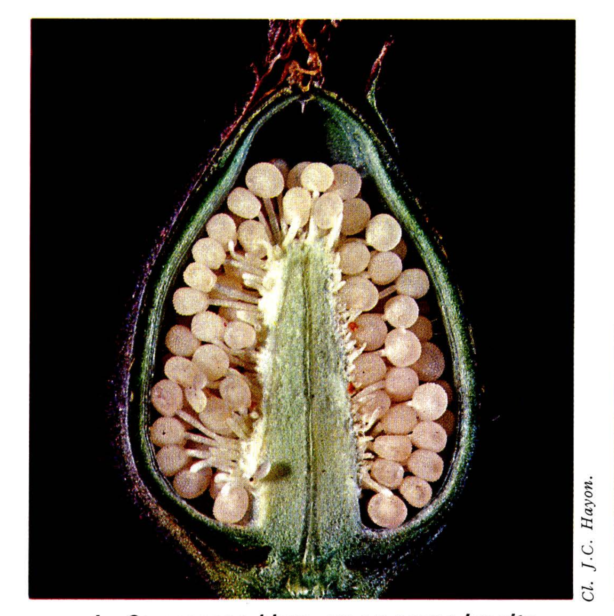
Coupe longitudinale de l'Hellébore fétide montrant l'alignement des ovules.


Cl. J.C. Hayon.

Lychnis dioica *(Compagnon blanc) : un exemple de placentation centrale, les ovules étant fixés sur un volumineux placenta qui constitue l'axe de l'ovaire (coupe transversale).*


Cl. J.C. Hayon.

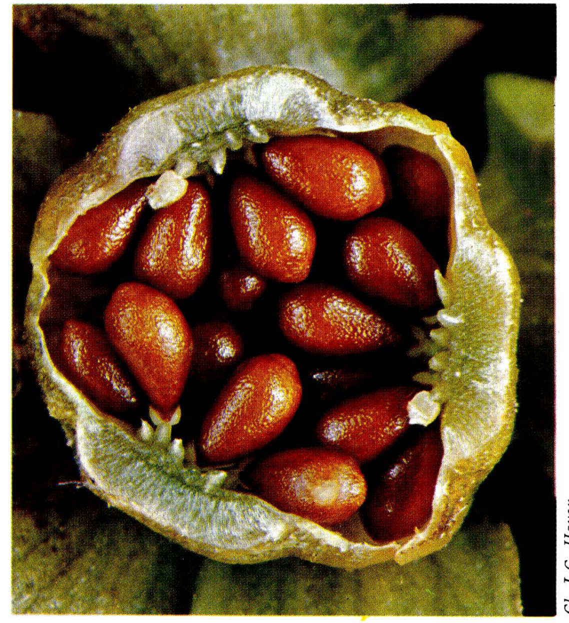
Dispositions relatives des étamines et du stigmate. Ci-dessus : le style est très long, terminé par un stigmate sphérique au-dessus des étamines : la fleur est dite longistylée. *Ci-dessous : fleur* brévistylée *: le style est court, le stigmate est nettement au-dessous des étamines.*


Cl. J.C. Hayon.

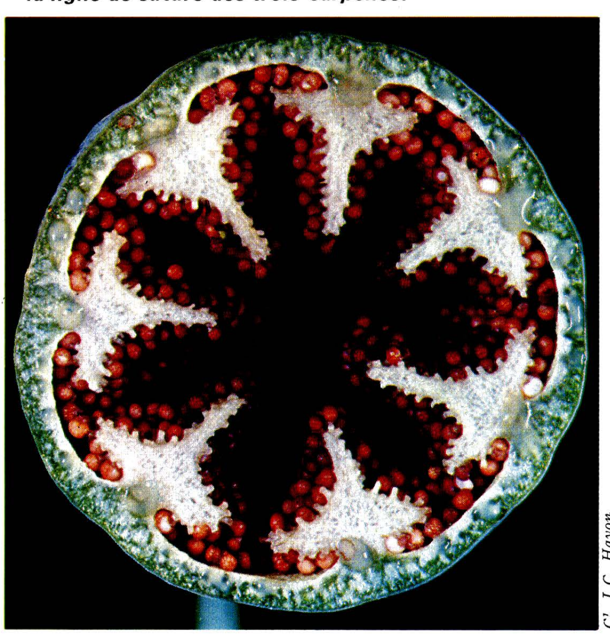
Le Compagnon blanc, vu en coupe longitudinale (remarquer le placenta central).


Cl. J.C. Hayon.

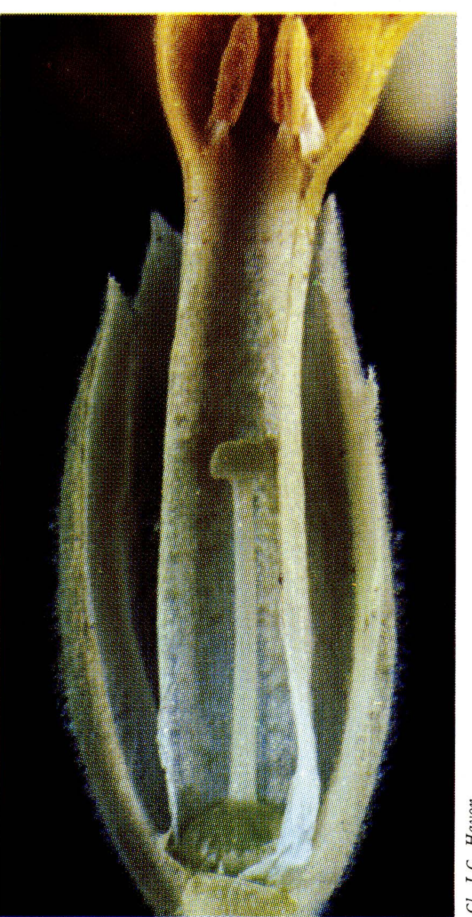
*Placentation axile (*Narcissus pseudonarcissus*, Narcisse) : tous les ovules sont insérés sur l'axe central de l'ovaire, correspondant à la ligne de suture des trois carpelles.*


Cl. J.C. Hayon.

Ovaire uniloculaire de la Violette (genre Viola*) : les ovules (ou les graines) sont fixés sur les bords de l'ovaire.*


Cl. J.C. Hayon.

Papaver somniferum *(Pavot) : insertion des ovules sur des cloisons spéciales : l'ovaire est libre au centre (comparer avec la placentation du Narcisse).*


Cl. J.C. Hayon.

La graine et le fruit.

La graine.

Après fécondation, l'ovule se transforme en graine. Pendant que l'œuf devient embryon et que l'albumen se développe, des matières nutritives affluent dans l'ovule : elles sont mises en réserve afin que la plantule survive assez longtemps dans la graine et qu'elle puisse reprendre son développement lors de la germination.

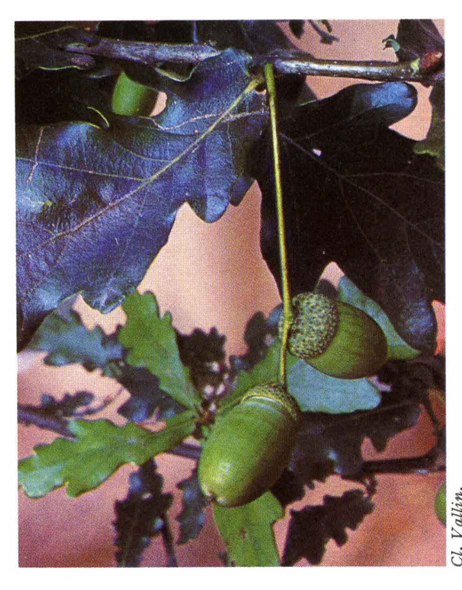
Les réserves nutritives sont accumulées, suivant les graines, par l'embryon lui-même ou par l'albumen, assez rarement par le nucelle (qui prend alors le nom de *périsperme*). Quand l'albumen est abondant, la graine est dite *albuminée*; quand il est entièrement ou presque entièrement assimilé par la plantule, la graine est dite *exalbuminée*. Au cours de ces transformations, les téguments de l'ovule durcissent : la graine sera efficacement protégée. Une fois cette maturation achevée, la plantule entre dans une phase de repos (c'est une *diapause*), caractéristique de la graine des Angiospermes.

A la surface de la graine mûre, on retrouve les éléments décrits pour l'ovule : cicatrice du hile, trace du micropyle, du raphé (si l'ovule était anatrope). Quelquefois se développe, à l'extérieur de la graine, une expansion charnue (suivant son origine : *arille, caroncule,* etc).



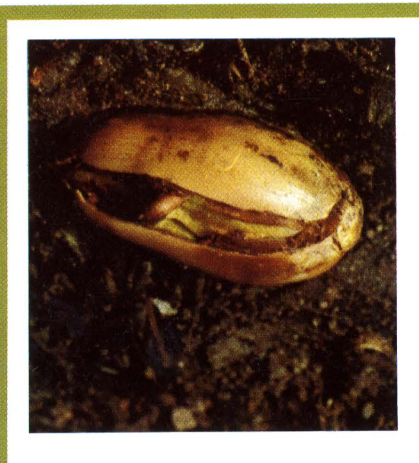
Cl. Vallin.

Le Chêne pédonculé **(Quercus robur) est un arbre à feuilles qui peut vivre plusieurs siècles.**



Cl. Vallin.

Son fruit, le *gland*, est porté à l'extrémité d'un pédoncule et c'est l'histoire de sa germination que nous résumons sur les photographies ci-dessous.

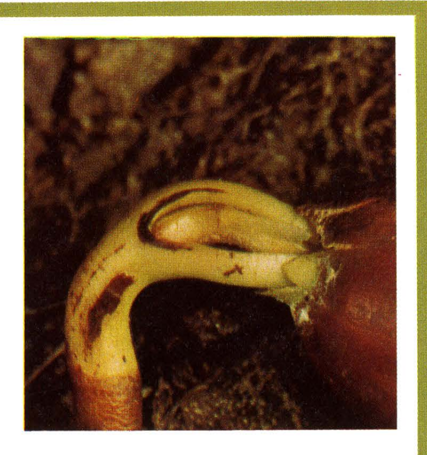


I. Germination des glands du Chêne : la graine se gonfle et fait éclater l'enveloppe du fruit dans lequel elle est contenue.



II. Apparition de la radicule à l'extrémité du gland; elle s'enfonce progressivement dans le sol.

III. La radicule, qui a grandi, émet des radicelles latérales.



IV. Apparition de la gemmule et de la tigelle entre les pétioles des cotylédons.



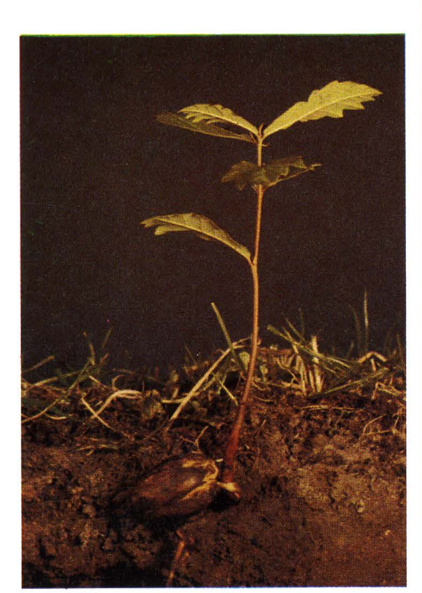
V. Les cotylédons : ces deux grosses masses, emplies de substances de réserve, encadrent la gemmule et la tigelle (bien visibles sur cette photographie).



VI. Développement de la gemmule : on obtient une première pousse aérienne, sur laquelle on aperçoit les premières « feuilles » qui vont avorter.



VII. La gemmule s'est développée; les feuilles ont poussé à son extrémité; les cotylédons sont toujours enfermés dans le gland.



VIII. Le jeune Chêne est maintenant complet : il a un système radiculaire, une tige et des feuilles régulièrement disposées.

Photos Marcel Sire.

Histoire de la graine du Chêne pédonculé.

Le fruit.

Pendant que l'ovule devient une graine, le carpelle se change en *fruit*, à la formation duquel collaborent souvent d'autres pièces florales. Quand des pièces du périanthe subsistent, elles constituent généralement une enveloppe du fruit qui aide à sa dissémination.

La paroi de l'ovaire forme le *péricarpe*, dans lequel on distingue souvent :
— une peau ou écorce du fruit *(épicarpe)*;
— la chair proprement dite du fruit *(mésocarpe)*;
— une formation centrale (noyau, par exemple) constituant l'*endocarpe*. Les schémas suivants définissent divers types de fruits.

FRUITS SIMPLES

I-fruits charnus
- à noyau : *drupes* Cerise — épicarpe, mésocarpe, graine, endocarpe (noyau) } péricarpe
- à pépins : *baies* Raisin — épicarpe (peau), mésocarpe (pulpe), pépins (graines), endocarpe

II-fruits secs
- déhiscents (s'ouvrant à maturité)
  - *follicules* Pivoine — follicules, graines
  - *gousses* Pois — reste du calice, ovule non fécondé, bord placentaire, graines, restes du style
  - *siliques* Giroflée — placenta, graines, cloison, valves, style, stigmate
  - *capsules* Mouron — style, couvercle, graines, capsule
- non déhiscents
  - *akènes* Noisette — bractée (cupule), graine, paroi ligneuse (péricarpe), stigmate
  - *samares* Orme — aile, akène
  - *caryopses* Blé — poils (stigmates), péricarpe, tégument, albumen farineux, cotylédon, plantule (graine)

FRUITS COMPLEXES

Pomme — pédoncule, enveloppe parcheminée, graines, peau, nervure d'un pétale, nervure d'un sépale, calice, étamines, style

Les différentes sortes de fruits des Angiospermes.



Cl. Gil Carles.

Le fruit de la Vigne, ou « grain de Raisin », est une baie.



Cl. Gil Carles.

Le fruit de** Cicer arietinum **(Pois chiche) est une gousse, comme celui du Haricot.



Cl. Gil Carles.

Le fruit de l'Amandier** (Prunus amygdalus) **est une drupe.

MONOCOTYLÉDONES — Ovaire infère — Ovaire supère

DICOTYLÉDONES — Gamopétales (Ovaire infère, Ovaire supère) — Dialypétales (Caliciflores, Disciflores, Thalamiflores) — Apétales (Hermaphrodites, Unisexuées)

Rubiales
Plumbaginales Primulales
Ligustrales Contortales Tubiflorales Ebenales
Ombelliflores
Garryales
Rhamnales
Terebinthales Pandales Cneorales Geraniales
Celastrales
Malvales Tricoques
Centrospermales
Polygonales
Proteales Santalades Olacales
Casuarinales Urticales Amentiflores Juglandales — Julianiales
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11
? ? ? ?
Lignées — Gymnospermes I — Gymnospermes II — Gymnospermes III — Gymnospermes IV

La classification des Angiospermes selon Emberger.

SYSTÉMATIQUE DES ANGIOSPERMES.

Les classifications traditionnelles.

Les cotylédons.

Prenons l'exemple bien connu du Haricot. Lorsque son fruit est mûr, il s'ouvre par deux fentes (c'est une *gousse*) ; à l'intérieur se trouvent plusieurs graines. Faisons séjourner une graine dans l'eau pour la ramollir ; on peut alors en ôter facilement le tégument et on remarque qu'elle est constituée par deux masses identiques, qu'on appelle des *cotylédons* (*kotulèdôn* = « creux d'une coupe »). Si l'on sépare les deux cotylédons, on observe qu'à l'un d'entre eux reste fixée une petite plante *(plantule)* comprenant une petite racine *(radicule)*, une courte tige *(tigelle)* et deux feuilles cachant un bourgeon (la *gemmule*).

Les plantes dont la graine comporte ainsi deux cotylédons sont appelées des *Dicotylédones*. Il existe par ailleurs des plantes dont la graine ne possède qu'un cotylédon (c'est le cas, par exemple, des Graminées comme le Blé, l'Avoine, le Seigle, l'Orge, le Maïs, le Bambou, etc., des Liliacées comme la Tulipe, le Lis, la Jacinthe, l'Oignon, etc.) : on les appelle des *Monocotylédones*.

Les pétales.

Ils permettent, dans les classifications traditionnelles, une autre distinction :

— les plantes sans pétales constituent le groupe des Apétales ;

— les plantes à pétales libres constituent le groupe des Dialypétales (*dialuein* = « séparer ») ;

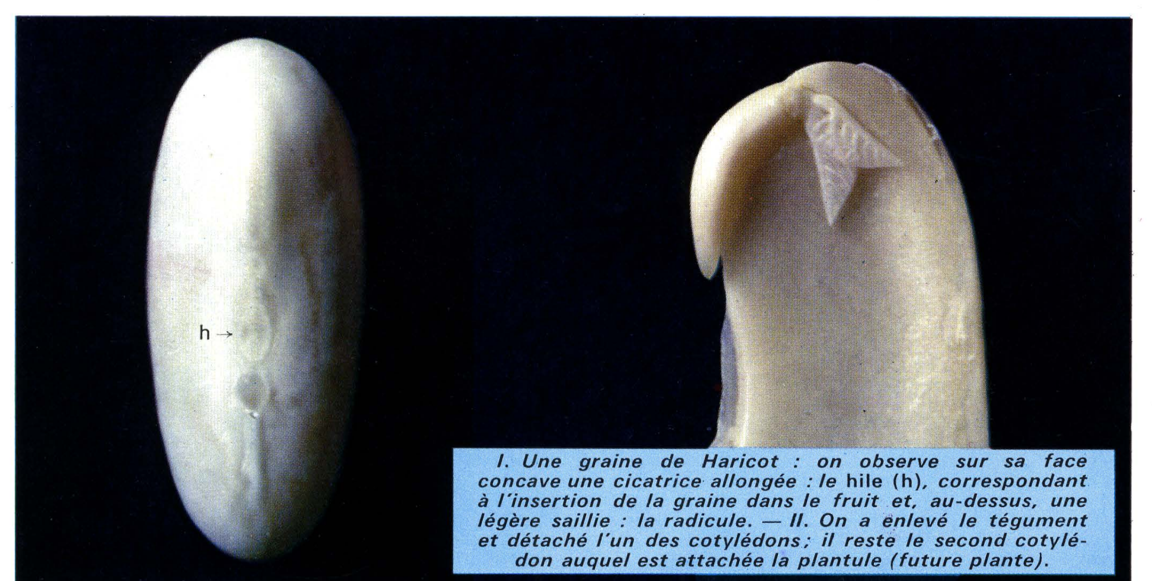
— les plantes dont les pétales sont soudés entre eux constituent le groupe des Gamopétales (*gamos* = « union »).

On aboutit ainsi aux grandes divisions suivantes des Angiospermes :

- Angiospermes
  - Dicotylédones
    - Apétales
    - Dialypétales
    - Gamopétales
  - Monocotylédones

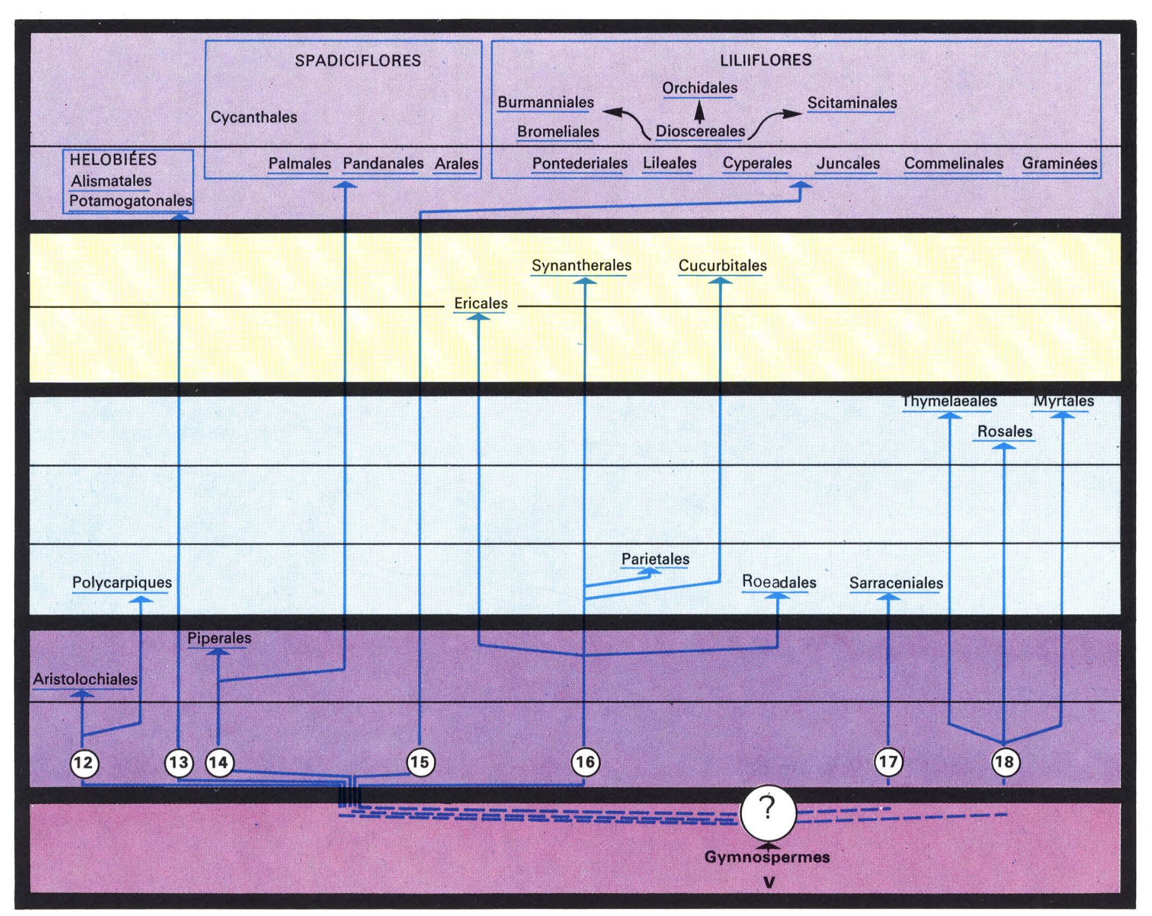
Les fleurs du Chêne pédonculé (ci-contre) n'ont pas de corolle : ce sont des fleurs **apétales**. *Sur la coupe longitudinale de la fleur de Pomme de terre (ci-dessous), on observe : 5 sépales (verts) soudés à la base, 5 pétales, 5 étamines (jaunes). La fleur est* **gamopétale** *(à pétales soudés).*

Cl. Vallin.



I. Une graine de Haricot : on observe sur sa face concave une cicatrice allongée : le hile (h), correspondant à l'insertion de la graine dans le fruit et, au-dessus, une légère saillie : la radicule. — II. On a enlevé le tégument et détaché l'un des cotylédons ; il reste le second cotylédon auquel est attachée la plantule (future plante).





Inconvénients des classifications traditionnelles.

On admet actuellement que les Angiospermes dérivent de Gymnospermes. Plusieurs lignées, plusieurs phylums ont dû évoluer dans une direction voisine, passant par des stades évolutifs comparables. Les anciennes divisions de la systématique regroupant les plantes essentiellement selon le stade évolutif qu'elles présentent dans leur état actuel, ont un défaut fondamental : des plantes qui, en réalité, ne sont unies par aucun lien de parenté, se trouvent rapprochées dans une même unité systématique. Ainsi, à l'intérieur des Apétales, des Dialypétales, des Gamopétales sont rassemblés des Végétaux faisant partie de phylums différents.

D'autre part la distinction en Dicotylédones et en Monocotylédones est aussi très relative. Bien qu'on puisse, en principe, établir deux fiches signalétiques, l'une correspondant au « type Dicotylédone » et l'autre au « type Monocotylédone », il n'en reste pas moins que certaines plantes, habituellement classées dans la catégorie des Monocotylédones, sont en fait des Dicotylédones et inversement.

La classification d'Emberger (1960).

En raison de considérations qui ne peuvent être exposées ici, les botanistes ont été amenés à écarter la distinction des plantes en Monocotylédones et Dicotylédones, ces caractères représentant des types d'organisation, mais n'ayant pas de valeur systématique; à plus forte raison les Apétales, Dialypétales, Gamopétales ne représentent pas des unités naturelles. La raison profonde de ce fait, c'est que les Angiospermes ne dérivent pas toutes d'une seule souche végétale, mais de plusieurs : on dit que les Angiospermes sont polyphylétiques. Ce *polyphylétisme* est d'ailleurs la règle pour toutes les autres catégories de Végétaux.

Cela posé, nous allons préciser maintenant les principes suivis dans cet ouvrage en ce qui concerne la systématique des Angiospermes.

● *Les distinctions traditionnelles :* Dicotylédones, Monocotylédones, Apétales, Dialypétales, Gamopétales n'ont été conservées qu'à titre descriptif; nous les avons utilisées en raison de leur *commodité.*

● *Pour le reste,* nous avons suivi rigoureusement la classification d'Emberger dont les caractères généraux sont les suivants :

— les Angiospermes sont nées de plusieurs souches qui se rattachent, du moins indirectement, aux Gymnospermes;

— les Monocotylédones sont nées probablement de plusieurs souches de Dicotylédones;

— le type le plus ancien d'organisation est vraisemblablement celui des Dicotylédones Apétales-Dialypétales;

— toutes les Angiospermes, qu'elles soient Di- ou Monocotylédones, appartiennent à cinq grandes lignées indépendantes, et sont issues des Gymnospermes par des intermédiaires inconnus. Nous avons désigné ces lignées par les *chiffres romains :* I, II, III, IV et V.

— Les trois premières lignées comprennent chacune un *phylum* unique; la lignée IV comporte huit phylums, et la lignée V sept phylums. Nous avons numéroté ces phylums en chiffres arabes, de 1 à 18.

— Dans chaque phylum, on distingue plusieurs ordres indiqués sur le tableau ci-dessus.

Remarque importante. — Pour permettre une comparaison avec les classifications traditionnelles, nous avons fait figurer sur ce tableau les grandes subdivisions (Dicotylédones, Monocotylédones, etc.). Une lecture verticale du tableau permet donc de comprendre la classification phylogénétique moderne des Angiospermes; une lecture horizontale permet de retrouver la classification traditionnelle (et d'en remarquer les insuffisances !). Ainsi les plantes autrefois classées dans le groupe des Dicotylédones Apétales, à savoir les Casuarinales, les Protéales, les Santalales, les Olacales, les Urticales, les Amentiflores, les Juglandales et les Julianales, appartiennent en fait à quatre grandes lignées différentes : leur rapprochement est sans doute commode, si l'on s'en tient à une étude morphologique, mais erroné du point de vue de la phylogenèse.

Remarques.

La systématique du monde des Angiospermes que nous proposons plus loin à nos lecteurs exige quelques explications :

● Nous avons respecté intégralement la classification d'Emberger; c'est-à-dire que les 18 phylums, répartis en cinq lignées, sont présentés les uns à la suite des autres, conformément au tableau ci-contre.

● Les termes « Dicotylédones », « Monocotylédones », « Apétales » ne sont plus employés qu'à titre descriptif, pour résumer un *type d'organisation.* Nous avons cependant isolé les phylums n°s 13, 14 et 15 dans la lignée V : ce sont les Monocotylédones traditionnelles.

● Tous les termes employés dans nos descriptions ont été définis, soit dans le glossaire, soit dans le cours du texte (se reporter, dans ce cas, à l'index alphabétique correspondant).

Pour chaque phylum nous avons indiqué tous les ordres et, pour chaque ordre, nous avons procédé de la manière suivante :

1. Description générale de l'ordre.
2. Étude méthodique des principales familles constituant l'ordre sous forme d'un *Tableau des familles* (voir ci-dessous).
3. Éventuellement, lorsque l'ordre comprend des familles ou des genres importants, étude détaillée complémentaire.

● Le *Tableau des familles* comporte six postes, numérotés de la sorte :

1. Répartition géographique.
2. Ancienneté géologique.
3. Appareil végétatif.
4. Inflorescences et fleurs.
5. Fruits, graines.
6. Principaux genres et espèces; utilisation.

Les numéros de ces postes sont rappelés dans chaque tableau; selon les cas, certains d'entre eux peuvent manquer (lorsque l'information dépasse le cadre de cet ouvrage, ou lorsqu'il se pose à son sujet un problème non encore résolu).

● Avant de lire l'article relatif à un ordre, il est conseillé au lecteur de se reporter au tableau général qui précède et aux tableaux de l'*Annexe systématique* qui résument l'ensemble du monde végétal, à la fin du volume.

● Nous avons utilisé un certain nombre d'abréviations, conformément aux habitudes des botanistes. En voici la liste :

Unités systématiques.

g : genre
e : espèce

Type floral.

Fl de type 3 : fleur trimère (3 pétales, 3 sépales, etc.).
Fl de type *n* : fleur *n*-mère (*n* pétales, *n* sépales, etc.).
Quand le nombre de pièces varie, le nombre imprimé en **gras** correspond au cas le plus fréquent.

La fleur.

Fl : fleur
♂ : mâle
♀ : femelle
⚥ : hermaphrodite (= bisexuée);
É : étamine
C : carpelle
P : pétale
S : sépale
« P » : tépale interprété comme un pétale
« S » : tépale interprété comme un sépale
(3 + 3) *É* = 2 verticilles de 3 étamines
(4 + 3) *É* = 2 verticilles, l'un de 4 et l'autre de 3 étamines
∞ : nombre indéterminé.

Ovaire et ovule (voir p. 86).

1-loc. (1-loculaire) : à une loge
2-loc. : à deux loges
pluri-loc. : à plusieurs loges
1-ovul. : renfermant un seul ovule (en parlant de l'ovaire ou d'un carpelle)
ana. : ovule anatrope
ortho. : ovule orthotrope
campylo. : ovule campylotrope
pp : placentation pariétale
pa : placentation axile
pc : placentation centrale

LES PHANÉROGAMES ANGIOSPERMES : ÉTUDE SYSTÉMATIQUE

Le lecteur est prié de se reporter à la page précédente pour l'explication de la méthode d'exposition et des abréviations utilisées. Les 12 premiers phylums correspondent aux Dicotylédones ; les phylums 13, 14 et 15 comprennent les Monocotylédones. Le tableau ci-dessous précise l'organisation générale des Dicotylédones.

Plantule.

- 2 cotylédons insérés de part et d'autre de la *gemmule* (bourgeon de l'axe) ; racine principale persistante ; axe hypocotylé souvent persistant.
- Axe épicotylé se développant à partir de la gemmule, ainsi que les feuilles assimilatrices, précédées ou non d'écailles. Cotylédons de tailles variées, qui peuvent fonctionner comme suçoirs.
- Les cotylédons sont entiers, égaux et simples (même si les feuilles définitives sont composées). Exceptions : plantes dont un cotylédon est très réduit (pseudo-Monocotylédones).

Anatomie.

- Faisceaux libéro-ligneux de la tige disposés en un seul cercle, séparés par des rayons. Accroissement en épaisseur dû à un cambium interne ; cambiums externes fréquents.
- Nombreux caractères anatomiques archaïques.

Organes reproducteurs.

- Presque toujours deux préfeuilles placées transversalement.
- Fleurs habituellement de type 5, avec un calice et une corolle différenciés.
- Pollen se formant par division simultanée de la cellule-mère (microsporique).
- Appareil à nectar surtout en disque.

Organisation du type Dicotylédone.

LES LIGNÉES I ET II.

Lignée I, phylum 1 (phylum unique).

Ce phylum très isolé des Casuarines ne comprend qu'un ordre : celui des Casuarinales.

Ordre des Casuarinales.

1 famille
1 genre
50 espèces environ

L'ordre des Casuarinales ne comprend lui-même qu'une seule famille, celle des Casuarinacées, et un seul genre, *Casuarina*. Il s'agit d'arbres qui poussent en Australie et dans les régions indo-malaises ; cette famille compte actuellement, en outre, quelques représentants en Inde et en Afrique. Le port de ces arbres les fait ressembler à des Prêles, mais leur taille est à peu près celle des Pins ; on les utilise en divers pays tropicaux pour fixer les dunes.

Les Casuarinales sont des Dicotylédones Apétales. Elles ont de nombreuses ressemblances avec les Prêles, ce qui fait qu'elles ont été considérées par certains comme le terme de l'évolution de ce groupe de Ptéridophytes. Par ailleurs, leurs ovules renferment non pas seulement un sac embryonnaire, mais — particularité remarquable — jusqu'à une vingtaine de sacs embryonnaires, ce qui n'est pas non plus sans rappeler le groupe des Fougères. Graine sans albumen.

La famille des Casuarinacées.

Casuarinacées : 1 *g*, # 50 *e*

1. Australie, Indo-Malaisie, Indes, Madagascar.

2. Connue depuis le Crétacé inférieur.

3. Feuilles verticillées réduites à des écailles.

4. *Fl* ♂ en verticilles étagés, de 6 fleurs chacun. Anémophiles. 1 *É*. Pseudo-périanthe formé de quatre pièces écailleuses (2 bractées + 2 bractéoles).
Fl ♀ en épis de glomérules presque sphériques. 2 *C*, ovaire 1-loc., *pp* ; 2 longs stigmates ; 2 ovules ortho., dont un seul mûrit.
Pseudo-périanthe de deux pièces écailleuses (2 bractéoles).

5. Samare entourée de 2 bractéoles qui s'accroissent autour du fruit, lignifiées (elles s'entrouvrent par temps sec).

6. Le bois très serré du *Filao* est employé pour la charpente et la menuiserie ; on utilise aussi les Casuarinacées comme arbres brise-vent dans les régions chaudes du globe. Écorce riche en tanin et contenant une matière colorante. Une espèce cultivée dans les régions méditerranéennes : *Casuarina equisetifolia*.

Lignée II, phylum 2 (phylum unique).

Il s'agit encore de Dicotylédones Apétales, dont les fleurs peuvent être unisexuées ou hermaphrodites, et qui comportent trois ordres : les Olacales, les Santalales et les Protéales. Ces dernières forment un groupe à part, dont on s'est demandé s'il était à l'origine des Olacales et des Santalales, ou s'il en avait dérivé. Olacales et Santalales, par contre, ont beaucoup d'affinités.

Ordre des Olacales.

2 familles
33 genres
260 espèces environ

Les deux familles (Olacacées et Opiliacées) vivent dans les régions chaudes du globe. Ce sont des arbres, des arbustes ou parfois des lianes ; les Olacacées fournissent des bois d'œuvre, des huiles végétales et des fruits comestibles *(Ximenia)*.

Ordre des Santalales.

7 familles
81-91 genres
Plus de 2 000 espèces

● *Généralités*. Cet ordre réunit des plantes essentiellement tropicales, mais qu'on rencontre aussi dans les zones tempérées du globe. L'organisation florale des Santalales est dégradée (dégradation probablement en rapport avec leur mode de vie parasite ou hémi-parasite). C'est l'ovule qui a été le plus touché par cette évolution. Les téguments ayant disparu, il est réduit au *nucelle*, et dans celui-ci se trouvent plusieurs sacs embryonnaires. Dans certains cas même, il ne subsiste plus qu'un seul sac embryonnaire, directement au contact des tissus du carpelle. Les trois familles importantes sont celles des Santalacées, des Loranthacées et des Balanophoracées ; les autres familles ne seront pas étudiées ici. Voici comment se distinguent ces trois familles :

— Ovule réduit au nucelle ; plantes souvent parasites ; fleurs ⚥ ...... : Santalacées
— Ni ovule, ni nucelle ; plantes parasites ..... { avec chlorophylle : Loranthacées / sans chlorophylle : Balanophoracées

Autres familles : Grubbiacées, Octoknématacées, Myzodendracées, Cynomoriacées.

● *Étude des principales familles.* Voir le tableau ci-dessous.



Cl. Houel/Atlas photo.

Le Gui (Viscum album), *de la famille des Loranthacées, vit en hémiparasite sur les Pommiers, les Peupliers et, plus rarement, les Chênes. Il est disséminé par les Oiseaux ; les plantules forment une ventouse sur l'arbre parasité.*

	Santalacées 29 *g*, 400 *e*	Loranthacées 30-40 *g*, 1500 *e*	Balanophoracées 17 *g*, 107 *e*
1.	La plupart des régions chaudes. En France : *Osyris alba*, quelques *Thesium*.	Surtout régions intertropicales. En France : *Viscum album* (nom vulgaire : le Gui), *Arceuthobium oxycedri* (parasite des Genévriers).	Surtout forêts tropicales.
2.	Turonien ?	Oligocène.	
3.	Herbes, arbres ou arbustes, fixés sur les racines d'autres plantes par des suçoirs. Feuilles isolées.	Poussent sur les branches d'arbres ; leurs suçoirs envoient des ramifications entre le bois et le liber de l'hôte.	Herbacées, vivent en parasites sur les racines d'autres plantes.
4.	Périanthe : 3-6 pièces. *Fl* ♂ : 3-6 *É*. *Fl* ♀ : 3 *C*. Ovaire 1-loc. ; *pc* ; *ovules bien distincts du placenta*.	Périanthe : 2 + 2 pièces soudées. *Fl* ♂ : 4 *E*. *Fl* ♀ : 2 *C* soudés entre eux et avec le périanthe ; *ovules confondus avec le placenta*.	*Ovules confondus avec le placenta*.
5.	Akène ou drupe.	Baie.	Akène.
6.	*Santalum album* (Santal blanc) et *S. spicatum* fournissent les *essences de Santal* de l'Asie du Sud-Est, utilisées autrefois en pharmacie (contre les maladies vénériennes) et aussi en parfumerie. Le bois de *S. album* est le Santal blanc (aubier) ; le Santal citrin (cœur) est imputrescible.	Le Gui *(Viscum album)* est fréquent sur les Pommiers, les Peupliers, rare sur les Chênes ; il existe plusieurs variétés physiologiques (le Gui du Pin ne prend pas sur le Poirier et inversement). Ses baies, blanchâtres et visqueuses, sont disséminées par les Oiseaux.	

Les principales familles de Santalales.

Ordre des Protéales.

1 famille 55 genres 1 200 espèces

Ce sont pour la plupart des arbres à feuilles persistantes, isolées, stipulées, qui, par leurs inflorescences, évoquent bizarrement les Composées : les fleurs, hermaphrodites ou unisexuées, sont groupées en capitules entourés de bractées. Ce sont des fleurs souvent irrégulières, avec un calice devenu pétaloïde (4 *S*). Anthères parfois soudées, carpelle unique, à ovaire 1-loc., supère, à placentation pariétale, et abritant un nombre variable d'ovules. Fruits : drupes ou follicules ; graine sans albumen. Habitat : plus de 700 espèces en Australie, environ 300 en Afrique du Sud, les autres dans les régions chaudes du globe.

Utilisation : ce sont surtout des arbres d'ornement; leur bois est très dur. Citons le cas de *Leucadendron argenteum* (« arbre d'argent ») : la teinte des feuilles est due à leur revêtement de poils; et *Macadamia*, comestible (sa graine est la Noisette du Queensland).

LA LIGNÉE III.

Cette lignée comprend un phylum unique, le phylum 3; toutes les plantes qui appartiennent à ses ordres sont des Dicotylédones Apétales ou Gamopétales selon la répartition suivante :

Phylum 3	Apétales	*Fl* unisexuée	Urticales, Amentiflores (6 ordres)
		Fl ⚥	Polygonales, Centrospermales
	Gamopétales (ovaire supère)		Plumbaginales, Primulales

Les Amentiflores.

(*Amentum* = « chaton »; le chaton est un épi d'inflorescences appelées cymes bipares, composées généralement de petites fleurs.)

L'ensemble des Amentiflores ou plantes possédant des fleurs en chatons ne constitue pas un ensemble naturel, mais les 8 familles d'Amentiflores, bien qu'elles n'aient pas de relations de parenté précises entre elles, se ressemblent suffisamment pour qu'on puisse, sinon les réunir phylogénétiquement, du moins les placer dans un même groupe.

Les Amentiflores sont en général des arbres, souvent de grande taille (Châtaignier, Chêne, etc.) ; elles sont caractérisées par leur inflorescence en chatons qui peut, dans certains cas, se transformer en un épi simple. Les 8 familles sont réparties en 6 ordres conformément au tableau suivant :

Ovaire	Ovule	Ordres
2 *C*, 1-loc.	Anatrope	SALICALES (p. 94)
	Orthotrope	MYRICALES (p. 95)
2-3 *C*, 2- ou pluri-loc.	Anatrope	FAGALES (p. 93)
2-3 *C*, 2-3 loc.	Anatrope, apotrope	BALANOPSIDALES (1 fam., 2 *g*, 10 *e*)
2 *C*, 2-loc.	2 ovules anatropes	BATIDALES (1 *e*)
1 *C*	Semi-anatrope	LEITNERIALES (2 fam., 4 *e*)

Les ordres d'Amentiflores.



Cl. Bordas/J. B.

Le Châtaignier* (Castanea sativa, *Fagacée*), *prospère sur les terrains siliceux.

Nous n'étudierons que les trois premiers de ces ordres, les plus importants.

Ordre des Fagales.

2 familles 12 genres 700 espèces environ

● *Généralités.* Les Fagales sont de grands arbres à feuilles alternes, simples, entières et portant des stipules. L'ovaire est infère, à placentation axile, et renferme un ou deux ovules par loge; par suite d'avortement, un seul ovule se transforme en graine. La pollinisation précède de beaucoup la maturation de l'ovule, ce qui fait penser que les Fagales ont dû avoir de lointains ancêtres parmi les Gymnospermes. Les deux familles de cet ordre, les Bétulacées et les Fagacées, ont dû évoluer parallèlement. Elles comprennent un grand nombre d'arbres et arbustes des forêts, caractéristiques de l'hémisphère nord (rares sur l'hémisphère sud; limite méridionale en Afrique située dans l'Anti-Atlas) : Bouleau *(Betula)*, Noisetier *(Corylus)*, Hêtre *(Fagus)*, Chêne *(Quercus)*, Châtaignier *(Castanea)*, etc.

● *Tableau des familles :*

	Betulacées : 6 *g*, 100 *e*	Fagacées : 6 *g*, 600 *e*
1.	Hémisphère nord essentiellement; en Amérique : jusque dans les Andes.	Régions tempérées et froides de l'hémisphère nord, Antarctique.
2.	Crétacé moyen.	Crétacé inférieur.
3.	Arbres monoïques.	Arbres monoïques, à feuilles isolées, simples, pourvues de stipules caduques (persistantes cependant chez le Chêne-liège et le Chêne-yeuse).
4.	Chatons ♀ en général dressés et beaucoup plus petits que les chatons ♂. **Betuloïdées :** *Fl* ♂ à périanthe. *Fl* ♀ sans périanthe, ovaire supère. **Coryloïdées :** *Fl* ♂ sans périanthe. *Fl* ♀ à périanthe, ovaire infère.	Dans les chatons ♀, à l'aisselle de chaque bractée, se trouve une cyme de trois fleurs pouvant être réduite à deux ou même une fleur; une *cupule* entoure chaque cyme : elle remplace les bractées et protège l'akène en se développant (d'où le nom de *Cupulifères* donné aussi aux Fagacées). *Fl* ♂ : nombre variable d'*É*. *Fl* ♀ : 3-6 *C*, ovaire infère à placentation axile.
5.	L'akène est entouré de bractées accrescentes.	Akène.
6.	2 sous-familles : les Betuloïdées (Bouleau, Aulne) et les Coryloïdées (Noisetier, Charme). Voir ci-dessous. Voir aussi l'*Annexe systématique*.	A cette famille appartiennent les Châtaigniers, les Hêtres, les Chênes; voir détails ci-dessous. Voir aussi l'*Annexe systématique*.

Principaux genres.

— *Betula* (Bouleau; sous-famille des Betuloïdées). On en connaît une quarantaine d'espèces répandues dans l'hémisphère nord; en France, trois espèces : *B. pubescens* (qui se répand jusqu'à 71° de latitude nord, c'est-à-dire jusqu'au Groenland, *B. nana*, arbuste arctique, et *B. alba* (= *B. verrucosa*) ou Bouleau blanc. La couleur de l'écorce de cette dernière espèce est due aux nombreuses cavités remplies d'air qui se trouvent dans les cellules du liège. Les Bouleaux fournissent des bois d'œuvre; on extrait du Bouleau blanc le *goudron de Bouleau* utilisé en médecine (affections cutanées) et dans l'industrie des cuirs. Une espèce nord-américaine, *Betula papyracea*, donne une pâte à papier.

— *Alnus* (Aulne; sous-famille des Betuloïdées) comporte 30 espèces réparties dans l'hémisphère nord et dans les Andes; 4 espèces en France : *A. glutinosa*, commun le long des cours d'eau; *A. viridis*, en haute montagne; *A. cordata*, commun dans les montagnes méditerranéennes; *A. incana* (Aulne gris), dans le Jura et les Alpes.

— *Corylus* (Noisetier; sous-famille des Coryloïdées) comporte 15 espèces réparties dans l'hémisphère nord; en France, une espèce : *C. avellana*. Sur les Noisetiers, les fleurs s'épanouissent avant la formation des feuilles; les formes horticoles fournissent de grosses noisettes (fruits entourés d'un sac membraneux).

— *Carpinus* (Charme; id.). 26 espèces dans l'hémisphère nord; *C. betulus* est le Charme commun. Utilisé comme bois d'œuvre.

— *Quercus* (Chêne; famille des Fagacées comme les autres genres que nous citons ci-dessous) : plus de



Cl. Bordas.

L'Aulne* (Alnus), *famille des Betulacées.



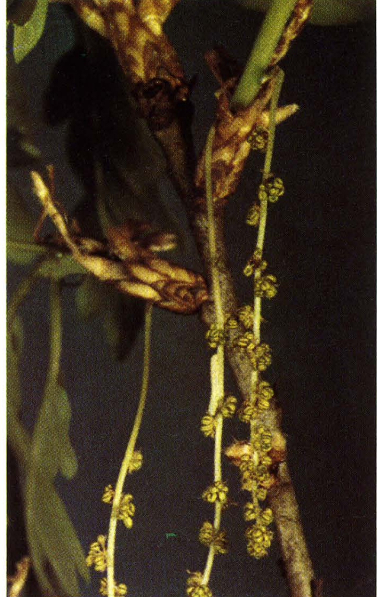
Cl. Bordas.

***Le Bouleau* (Betula).**



Cl. Merlet/Atlas photo.

***Le Charme* (Carpinus betulus).**




I



II



III

Photos Marcel Sire.



IV

***Les organes sexuels du Chêne pédonculé* (Quercus pedunculata).**
I. Chatons mâles : ils pendent sur des pousses grêles ; leur axe porte des fleurs isolées. — II. Chatons femelles : ils sont souvent réduits à une seule fleur à l'aisselle d'une bractée. Comme les chatons mâles, les chatons femelles apparaissent en avril-mai. — III. Fleurs mâles (× 20) : le périanthe comprend 5 à 8 sépales verts, pointus, soudés à la base et 5 à 10 étamines à filets courts et à anthères volumineuses ; il n'y a pas de pétales. Les grains de pollen sont transportés par le vent (anémophilie). — IV. Fleur femelle (× 15). Elle est entourée d'une cupule écailleuse (bractéole ?) ; on aperçoit les 3 stigmates rougeâtres émergeant de la cupule dans laquelle se développera le gland, qui est un akène, riche en tanin.

200 espèces (hémisphère nord) ; les chatons mâles et femelles sont décrits sur les photographies ci-dessous.

On rencontre dans nos régions 9 espèces de Chênes (les principales citées ci-dessous ; les trois dernières sont à feuilles persistantes, les trois premières à feuilles caduques).

Q. pedunculata = Chêne pédonculé ; rare dans le Midi.

Q. sessiliflora = Chêne rouvre : vit sur les sols perméables et de préférence siliceux.

Q. pubescens = Chêne blanc ou Chêne pubescent : méridional.

Q. ilex = Chêne vert ou Chêne-yeuse, du bassin méditerranéen occidental.

Q. suber = Chêne-liège (sols siliceux méditerranéens).

Q. coccifera = Chêne-kermès (bassin méditerranéen occidental).

Les Chênes fournissent des produits d'un grand intérêt économique : bois d'œuvre, dur et imputrescible (construction, ameublement) ; liège industriel (écorce de *Q. suber*) ; tanins (extraits des écorces de nombreuses espèces). L'écorce de *Q. tinctoria*, nord-américaine, donne le *quercitrin*, matière colorante jaune. Les galles de *Q. infectoria* (noix de galle d'Alep ou de Smyrne), provoquées par un Insecte Hyménoptère, sont très riches en tanin officinal ; les galles du Chêne-kermès fournissent une matière colorante rouge, le kermès animal. Le Chêne pubescent est particulièrement favorable aux Truffes (voir p. 53). Les fruits de certains Chênes sont comestibles (notamment pour le bétail) ; enfin de nombreuses espèces sont cultivées comme arbres d'agrément dans les parcs et les jardins.

— *Fagus* (Hêtre, famille des Fagacées) comporte 10 espèces répandues dans l'hémisphère nord. Dans nos régions : *F. sylvatica*, généralement associé au Chêne ; mais il peut vivre à des altitudes plus élevées que ce dernier (bois utilisé pour le chauffage et l'ameublement).

— *Nothofagus* (Hêtre antarctique) comprend 14 espèces environ.

— *Castanea* (Châtaignier) comprend 50 espèces environ. Dans nos régions vit *C. sativa* (basses montagnes, sols siliceux). Ce Châtaignier est certainement une plante indigène du Midi de la France, de la Corse, de l'Italie moyenne et de l'Afrique du Nord ; son aire a été considérablement étendue (notamment par les cultures humaines). L'akène des Châtaigniers est la *châtaigne*, improprement appelée « marron » ; le marron véritable est le fruit du Marronnier d'Inde, qui est une plante appartenant à l'ordre des Térébinthales (phylum 5 dans la lignée IV). On ne devrait donc pas crier, en hiver, dans les rues parisiennes : « Chauds les marrons », mais : « Chaudes les châtaignes » ! Signalons enfin qu'un Champignon *(Phytophtora cambivora)* attaque les Châtaigniers français auxquels il communique la *maladie de l'encre*. On lutte contre cette affection en greffant l'espèce française sur le Châtaignier du Japon *(C. crenata)*, qui n'est pas attaqué par le Champignon.

Ordre des Salicales.

1 famille
3-4 genres
300 espèces environ

Les Salicales sont représentés par la seule famille des Salicacées, qui représenterait un cas de *surévolution*. Description de la famille sur le tableau ci-dessous.

Salicacées : 3-4 *g*, ≠ 300 *e*

1. Hémisphère nord tempéré.
2. Crétacé inférieur.
3. Arbres (ou parfois arbustes), dioïques, à feuilles simples, alternes (en général), stipulées.
4. *Fl* en chatons. *Fl* ♂ : plusieurs *É*. *Fl* ♀ : *pp*.
5. Capsules comportant plusieurs graines velues.
6. Principaux représentants de nos régions : Saules (28 espèces en France) et Peupliers (3 espèces en France).

Salix (Saule) : dans les régions arctiques ou de haute altitude existent des formes buissonnantes plus ou moins rampantes. Les fleurs s'épanouissent avant que les feuilles ne se forment ; dans les chatons (ici des épis), elles sont disposées en spirales ou en verticilles, chacune à l'aisselle d'une bractée.

Fl ♂ : 2 *É* en général, mais il peut y en avoir davantage.

Fl ♀ : pourvues de nectaires à leur base (entomophilie) ; 2 *C*.

Les graines conservent très peu de temps leur pouvoir germinatif ; elles sont minuscules, couvertes de poils mucilagineux qui absorbent rapidement l'eau nécessaire à la germination.

Jeunes rameaux de plusieurs espèces = osier. *Salix babylonica* (Saule pleureur) est apprécié pour son intérêt ornemental.

Populus (Peuplier) : feuilles en forme de cœur, à pétiole aplati.

Fl ♂ : ∞ *É* ; anémophilie. *Fl* ♀ : 2-4 *C* ; style court à 2-4 stigmates ; ovules nombreux. La capsule renferme des graines velues.

Le bois des Peupliers (léger) est utilisé pour la fabrication des allumettes, des caisses légères, etc.

Remarque. — Saules et Peupliers se bouturent facilement, s'hybrident fréquemment et, en conséquence, il est souvent difficile de préciser à quelle espèce ils se rattachent.

L'unique famille de l'ordre des Salicales.

Ordre des Myricales.

1 famille 1-4 genres Plus de 50 espèces

L'unique famille de cet ordre, celle des Myricacées, comprend des arbustes à feuilles simples, habitant en général l'hémisphère nord tempéré et les régions montagneuses dans les pays chauds. En Europe : *Myrica gale*, aux chatons unisexués, dressés; fleurs sans périanthe; anémophile. Certaines espèces américaines ont des fruits sécrétant une cire abondante.

Ordre des Urticales.

Généralités.

L'ordre des Urticales comprend des herbes ou des arbres à feuilles alternes ou opposées, munies de stipules. Ce sont des plantes très anciennes, qui datent au moins du Crétacé inférieur. Les fleurs, groupées en cymes, ont un périanthe composé de 4-5 pièces, auxquelles correspondent autant d'étamines; elles sont en général anémophiles, plus rarement entomophiles (fécondation par les Insectes). Il y a deux carpelles; l'ovaire est le plus souvent à une seule loge et renferme un seul ovule. Les fruits sont des akènes ou des drupes, quelquefois réunis en *syncarpes*. Graine à albumen.

L'ordre comprend 4 familles : les Ulmacées (Ormes), les Moracées (Mûriers, Figuiers, Houblon des brasseurs, Chanvre des fumeurs de haschisch), les Urticacées (Orties), et les Eucommiacées; on y rattache deux familles annexes : les Rhoiptéléacées et les Scyphostégiacées. Nous n'étudierons ici que les trois premières de ces familles; se reporter à l'*Annexe systématique* pour les autres (qui sont peu étendues).

Tableau des familles.

Les trois principales familles d'Urticales sont décrites au tableau qui se trouve en bas de page.

Compléments sur les Urticacées.

● *La famille tire son nom* du nom latin de l'Ortie *(Urtica)*. Un grand nombre de genres, dans cette famille, ont des feuilles couvertes de *poils urticants*, formés notamment d'une longue cellule effilée contenant dans sa partie terminale un « liquide urticant », composé notamment d'acide formique ou d'acide résinique. C'est ce liquide âcre et acide qui produit, par contact avec la peau, une démangeaison douloureuse. Parmi la trentaine d'espèces du genre *Urtica*, citons la Grande Ortie *(Urtica dioica)*, herbe annuelle, qui vit dans les lieux secs, à l'ombre des haies; l'Ortie romaine *(Urtica urens)*, annuelle elle aussi, est très commune dans les haies et les buissons; *Urtica pilulifera*, annuelle mais aussi parfois bisannuelle et même vivace dans le Midi de la France.

Autres genres urticants : *Laportea* (30 espèces, intertropicales et océaniennes : ce sont des arbres, des arbustes ou des herbes) ; *Girardinia*.

Les Orties peuvent être utilisées comme fibre textile grossière; desséchées, elles constituent un bon fourrage; on peut aussi les consommer comme légumes (soupe d'Orties).

● *Il existe aussi* des Urticacées non urticantes comme la Ramie (genre *Bœhmeria*). L'espèce *Bœhmeria nivea* (herbe vivace de Chine) est utilisée comme fibre textile. Certaines Pariétaires (comme *Parietaria officinalis*, appelée aussi Perce-muraille) sont médicinales : leurs feuilles, employées en infusion, auraient une vertu diurétique (= provoque une excrétion importante d'urine) ; elles étaient utilisées en tisanes dans la médecine populaire.

Compléments sur les Moracées.

● *Sous-famille des Moroidées*. Le principal genre est celui des Mûriers *(Morus)* qui comprend environ 10 espèces dans l'hémisphère nord tempéré. Le fruit du Mûrier, la « mûre » (qu'il ne faut pas confondre avec la mûre des buissons, produite par *Rubus*, de la famille des Rosacées) est une fausse drupe : la partie charnue est formée par les pièces du périanthe qui entourent le péricarpe épaissi. Elle fournit le suc de mûres vendu en pharmacie. Signalons encore *Broussonetia papyrifera* (Mûrier à papier), dont l'écorce sert à préparer le papier « Japon », et *Chlorophora excelsa* qui est l'*Iroko* de la Côte-d'Ivoire (le bois de cet arbre est un bois de caractère précieux).

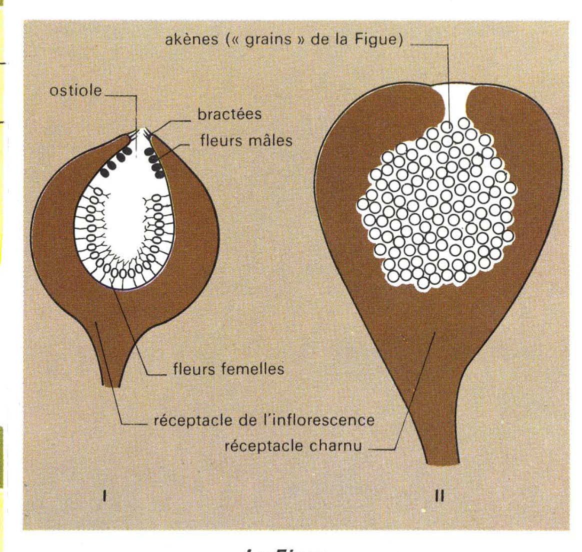
● *Sous-famille des Artocarpoidées*. Le genre le plus important est *Ficus* (Figuier), dont on connaît environ 800 espèces; *Ficus carica* est le Figuier commun, seule Artocarpoidée d'Europe (régions méditerranéennes); il en existe deux variétés : le Figuier sauvage ou Caprifiguier et le Figuier domestique. La biologie de ces deux plantes est complexe et fort intéressante.

Ce qu'on appelle une « figue » n'est pas un fruit simple, comme la cerise. C'est une *inflorescence* dont le réceptacle (ici un conceptacle) s'est gonflé et est devenu comestible. Cette transformation peut se faire sans qu'il y ait fécondation (on parle alors de « figues-fleurs » ou, s'il s'agit du Figuier sauvage, de « caprifigues-fleurs »).

Fleurs	Carpelles	Étamines	Ovule	Sous-familles	Familles
☿	2 *C*	Filet dressé dans le bouton floral.	Anatrope ou campylotrope.		**Ulmacées.**
Fleurs unisexuées	1 *C*	Filet incurvé dans le bouton floral.	Orthotrope.		**Urticacées.**
	2 *C*	Filet incurvé dans le bouton floral.	Campylotrope.	Moroidées.	**Moracées.**
		Filet dressé dans le bouton floral.	Anatrope Campylotrope. Variable.	Artocarpoidées. Cannaboidées. Conocephaloidées.	

Autres familles : Eucommiacées (*Fl* sans périanthe ; 2-1 *C*), Rhoiptéléacées, Scyphostégiacées.

Distinction des trois principales familles d'Urticales



La Figue.
I. Inflorescence : les fleurs, minuscules, sont fixées à l'intérieur d'un réceptacle presque clos (remarquez la position des fleurs mâles, à proximité de l'ostiole). — II. Après la fécondation, certains réceptacles deviennent charnus; tous les « grains » à l'intérieur de la Figue sont autant d'akènes, fruits dérivant des fleurs femelles.

	Ulmacées 14 *g*, 120 *e*	**Urticacées** 50 *g*, 700-800 *e*	**Moracées** 73 *g*, 1000 *e*
1.	Cosmopolites, particulièrement nombreuses dans les régions tempérées. En France : 3 *e* d'Ormes (genre *Ulmus*) et 1 *e* de Micocoulier (genre *Celtis*).	Régions chaudes, principalement Amérique et Indo-Malaisie (moins nombreuses en Afrique et en Eurasie). En France : 5 espèces d'Orties (genre *Urtica*) et trois espèces de Pariétaires *(Parietaria)*.	Surtout régions intertropicales, nombreuses en Indo-Malaisie. En France, une seule espèce spontanée : le Figuier commun *(Ficus carica)*.
2.	Crétacé inférieur.	Crétacé supérieur.	Crétacé inférieur.
3.	Arbres ou arbustes à feuilles simples, souvent asymétriques, alternes, à stipules caduques.	Plantes en majorité *herbacées* (les arbres et les lianes sont rares en cette famille).	La plupart sont des arbres; les feuilles ont souvent plusieurs formes sur la même plante.
4.		Périanthe : 2-3 et plus souvent 4-**5** pièces; autant d'*É* (souvent 4) qui leur sont superposées.	Inflorescences variées parce que diversement contractées; les fleurs sont souvent portées par un réceptacle commun ou enfermées dans un conceptacle commun (Figuier). Périanthe : 2-6 pièces soudées. 1-5 *É*.
5.	Akène, Samare (= akène ailé) ou drupe.	Akènes (le plus fréquemment).	Chez les Moroidées et les Artocarpoidées, les fruits sont entourés d'une partie charnue.
6.	*Ulmus campestris* = Orme champêtre (Ormeau). Les cymes sont contractées en glomérules : 5 *S* verdâtres, 5 *É* qui leur sont superposées, 2 *C* (l'un d'eux avorte). Ovule anatrope. Le tube pollinique pénètre dans l'ovule en le perçant sur le côté (c'est ce qu'on appelle la *pleurogamie*). Pollinisation par le vent. Le fruit est une samare (akène ailé). Utilisation : bois d'œuvre; les graines de certaines Celtoidées sont riches en huile. Voir aussi *Annexe systématique*.	Voir ci-dessus et l'*Annexe systématique*.	Voir ci-contre et l'*Annexe systématique*.

Description des trois principales familles d'Urticales.

Un Figuier sauvage (Caprifiguier) produit en une année trois générations de Figues :

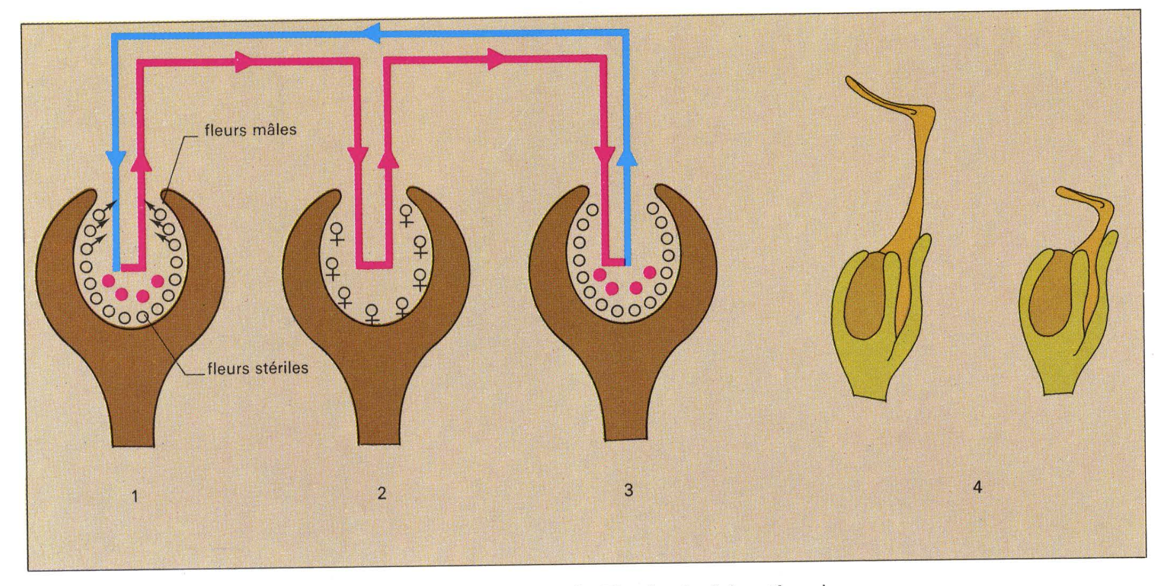
1. Au printemps se développent de petites Figues (quelques millimètres) dont les fleurs mâles sont fertiles (produisent des grains de pollen), mais dont les fleurs femelles, dans le fond du réceptacle, sont stériles. On les appelle des *profichi* ou *caprifigues-fleurs*.

2. En été mûrissent des Figues dont certaines fleurs femelles ne sont pas stériles; on les appelle des *mammoni*. Ces fleurs sont fécondées par le pollen produit par les *profichi* et véhiculé par un Insecte.

3. En automne apparaissent des Figues dont la constitution est analogue à celle des *mammoni ;* mais elles ne mûrissent pas, car leur développement est arrêté pendant l'hiver. On les appelle les *mamme*.

Le cycle biologique du Figuier fait intervenir un Insecte Hyménoptère : *Blastophaga psenes ;* ce cycle est décrit sur les schémas de la page suivante.

Chez le Figuier domestique, le cycle est analogue. Les Figues de printemps, à fleurs femelles longistylées, ne peuvent être parasitées; mais comme il n'y a pas encore de pollen à cette époque de l'année, elles ne sont pas non plus fécondées : ce sont les Figues-fleurs, qu'on mange au printemps mais qu'on ne peut conserver par dessiccation. Les Figues d'été sont elles aussi longistylées, donc non infectées par *Blastophaga ;* elles sont fécondées par le pollen provenant des Figues sauvages (c'est pourquoi on suspend, dans les Figuiers domestiques, des Caprifigues-fleurs, opération appelée « caprification »). Ces fleurs d'été



Le cycle biologique du Figuier (schématique).
I. Au printemps, Blastophaga *visite les* profichi *et pond ses œufs dans le réceptacle, sur les fleurs stériles (désignées par un petit cercle sur votre schéma). — II. A la fin du printemps, les jeunes larves éclosent, quittent les* profichi, *se chargent de pollen en passant par l'ostiole et visitent les* mammoni *dont les fleurs femelles non stériles sont alors fécondées (deuxième génération de Figues). III. En automne,* Blastophaga *infecte les* mamme *dont les fleurs sont stériles. Après l'hiver, éclosion des larves qui quittent les* mamme *et vont infecter les réceptacles de printemps (les* profichi*) : le cycle recommence. — IV. A gauche, une fleur femelle fertile : le* style *en est long (fleur longistylée), et défend en quelque sorte la Figue contre l'invasion par* Blastophaga. *A droite : fleur femelle stérile : le style est court (fleur brévistylée). Les fleurs des* mammoni *(deuxième génération de Figues) sont brévistylées mais leur style est plus long que celui des* profichi : *cela explique qu'il puisse y avoir à la fois parasitisme et fécondation.*

sont comestibles et peuvent être séchées. Enfin, les fleurs d'automne tombent avant même de mûrir ; elles ne sont pas infectées (elles sont longistylées) ni fécondées (il n'y a plus de pollen à cette époque de l'année).

Quand il n'y a ni parasitisme par *Blastophaga*, ni fécondation, les réceptacles tombent. Mais ce n'est pas le cas général : il peut arriver que des fleurs femelles se développent sans avoir été fécondées et donnent des fruits et des Figues (Figues parthénocarpiques ; *parthenos* = « vierge » et *karpos* = « fruit »). Elles se distinguent des Figues fécondées par des graines plus petites, une chair rose (et non rouge), la peau jaune (et non verte), une saveur moins sucrée. Elles peuvent se conserver par dessiccation, tout comme les Figues fécondées.

Il existe d'autres genres d'Artocarpoidées intéressants. *Artocarpus incisa* est l'Arbre à pain ; le réceptacle, mâle ou femelle, a la forme d'une massue et le réceptacle femelle se transforme en « fruit » comestible, renfermant les akènes et pouvant peser jusqu'à 3 kg. Le fruit du Jacquier (*Artocarpus integrifolia*), une autre espèce d'Arbre à pain, peut atteindre 15 kg. Les nombreuses graines qu'il contient sont mangées cuites (les feuilles sont utilisées pour l'alimentation du bétail). Le genre *Artocarpus* vit sous les tropiques (Indo-Malaisie). Du latex de certains genres (*Castilloa*, des Conocephaloidées), on peut extraire du caoutchouc. Le latex d'*Antiaris toxicaria* (Indo-Malaisie) est employé pour empoisonner les flèches. Enfin *Brosimum galactodendron* est l'Arbre à lait (consommé, au Venezuela, comme du lait de vache).

Sous-famille des Cannaboidées. Ce sont des herbes à feuilles opposées ; la fleur a 5 sépales auxquels correspondent 5 étamines superposées dans le cas des fleurs mâles ; leur fruit est un akène. Les plantes de cette sous-famille (dont on fait souvent une famille autonome, celle des Cannabacées) ont la particularité d'avoir, sur leurs fleurs, des glandes ou des poils glanduleux producteurs d'une résine aromatique.

— Le genre *Humulus* est le Houblon (deux espèces, hémisphère nord tempéré). *Humulus lupulus* est le Houblon des brasseurs. Les glandes à résine sont localisées sur les bractées des fleurs femelles ; ce sont des poils glanduleux que l'on sépare des bractées par battage. La « poudre » obtenue s'appelle le *lupulin*, dont on extrait une essence, la *lupuline*, qui parfume la bière.

— Le genre *Cannabis* (Chanvre) n'est représenté que par une espèce : *Cannabis sativa*. C'est une plante herbacée annuelle, à tige dressée, pouvant atteindre une hauteur de plusieurs mètres ; ses feuilles ont une forme caractéristique. Les fleurs mâles portent 5 sépales, les fleurs femelles un seul sépale, entourant l'ovaire. Le fruit (un akène) s'appelle le *chènevis*. Il existe plusieurs variétés de Chanvre ; celles qui poussent dans les régions à climat tempéré sont pauvres en résine, mais riches en fibres textiles ; celles des régions chaudes sont au contraire riches en résine, mais leurs fibres sont inutilisables.

Les variétés tempérées (Chanvre commun, Chanvre d'Anjou, Chanvre du Piémont) sont utilisées surtout pour leurs fibres textiles ; le chènevis, dont on extrait aussi une huile siccative, est apprécié des Oiseaux.

Quant au Chanvre indien, variété des régions chaudes, il sert à la préparation du haschisch. Le haschisch proprement dit n'est autre que la résine provenant des poils glanduleux que porte la plante. L'élément actif de cette résine est bien connu chimiquement : c'est une substance organique *non azotée* (il ne faut pas confondre le haschisch avec les alcaloïdes), possédant des propriétés acides et que l'on sait fabriquer par synthèse depuis 1969 (T. Petrzilka, W. Haefliger et C. Sikemeier, *Helvetica Chimica Acta*, 52, 1102). L'utilisation du Chanvre indien comme drogue hallucinogène (on dit, plus scientifiquement, drogue *psychodysleptique* ou — dans les pays anglo-saxons — *psychédélique*) remonte au IIIe millénaire av. J.-C. Ce qu'on appelle ordinairement le « haschisch » (ou encore : *kif, marihuana, gangha, maconha, pot*) est constitué par des inflorescences écrasées qui sont fumées ou mêlées à des préparations alimentaires. Au cours des siècles, la consommation du haschisch — signalée par Hérodote au Ve siècle av. J.-C. — se répand en Asie et en Afrique ; elle a gagné l'Europe à la faveur de l'expédition de Bonaparte en Égypte. L'un des premiers travaux des scientifiques sur le haschisch a été réalisé par un psychiatre français de l'hospice de Bicêtre, Joseph Moreau de Tours (1804-1884), qui présenta en 1845 son ouvrage intitulé *Du haschisch et de l'aliénation mentale*. Il écrivait alors une lettre à l'Académie des Sciences dans laquelle il se déclarait persuadé que, par cette drogue, « on devait pouvoir être initié aux mystères de l'aliénation mentale, remonter à la source cachée de ces désordres si nombreux, si variés, si étranges qu'on désigne sous le nom collectif de folie » (*Annales Moreau de Tours*, publiées par H. Baruk et J. Launay, Paris, P.U.F. 1962). C'est dans la seconde moitié du XIXe siècle que certains milieux d'intellectuels et d'artistes européens firent de la consommation du haschisch une mode. Il existait à Paris un Club des Haschischins. Depuis le XXe siècle, l'utilisation du haschisch s'est répandue, tant dans le Vieux Monde que dans le Nouveau Monde, et pose aux sociétés contemporaines des problèmes d'ordre médical et criminologique.



Cl. M. Chapuis/Atlas photo.

Humulus lupulus ***(Houblon des brasseurs).***

Ordre des Polygonales.

Généralités.

Les plantes de cet ordre sont encore des Dicotylédones Apétales mais, à la différence des Urticales — avec lesquelles elles ont d'ailleurs de nombreux caractères communs —, elles portent des fleurs hermaphrodites, tout comme les Centrospermales étudiées plus loin. Les Polygonales sont en général des herbes ou des lianes, rarement des arbustes ou des arbres. L'ordre est représenté par la famille unique des Polygonacées qui comprend environ un millier d'espèces. C'est à l'ordre des Polygonales qu'appartiennent l'Oseille, la Rhubarbe, le Sarrasin (Blé noir).

Description de la famille unique.

Polygonacées : 30-40 *g*, 1000 *e*

1. Surtout hémisphère nord, régions tempérées.
2. Éocène.
3. Plantes le plus souvent herbacées, à feuilles alternes, simples, dont les stipules forment une sorte de manchon (qu'on appelle un *ochréa*) enveloppant la base du pétiole.
4. (3 + 3) ou (5) *S* ; les *S* internes subsistent autour de l'akène.
(3 + 3) *É* : les étamines peuvent souvent avorter ou au contraire se dédoubler. 3 *C*, mais un seul ovule.
La pollinisation se fait par le vent (*Rumex*) ou par les Insectes (*Polygonum*).
6. Trois sous-familles : Eriogonoidées, Polygonoidées et Coccoloboïdées (voir l'*Annexe systématique* pour les détails).

Ordre des Centrospermales.

Généralités.

Dicotylédones, Apétales, à fleurs hermaphrodites. Leurs principales caractéristiques sont :

— la placentation centrale de l'ovaire (sauf chez les Phytolaccacées dont la placentation est axile) ;

— existence d'un *embryon courbe* (il provient d'un ovule campylotrope), entourant l'albumen qui, en réalité, n'est qu'un périsperme, c'est-à-dire un reste du nucelle.

C'est un ordre très homogène, dont les 13 familles sont parfois difficiles à séparer. Les Centrospermales marquent une étape dans l'évolution de la fleur : à partir des étamines se différencie une corolle et la fleur prend une structure nettement *verticillée* (insertion des pièces en cercles). L'apparition de la corolle est accompagnée de l'*entomophilie* (pollinisation par les Insectes). Les carpelles ont un ovaire uniloculaire (sauf chez les Phytolaccacées). Voici comment se découpe cet ordre (on n'a indiqué que les 9 familles principales ; il y en a 13 en tout, auxquelles on rattache, dans l'*Annexe*, la famille des Thélygonacées) :

Fleur	Ovaire	Familles
1 calice ; apparition de la corolle	Ovaire supère, 1-loc., à un seul ovule. Apparition de l'ovaire pluriloculaire.	***Chenopodiacées Amaranthacées Phytolaccacées Nyctaginacées Basellacées***
Calice + corolle	Ovaire supère et placentation centrale.	***Portulacacées Caryophyllacées***
	Ovaire infère et placentation centrale, axile ou pariétale.	***Aizoacées Cactacées***

Distinction des principales familles des Centrospermales.

Ces familles sont décrites sur le tableau de la page ci-contre.

Compléments.

● *Chenopodiacées.* De nombreuses espèces vivant sur des sols salés prennent l'aspect de plantes grasses : elles portent des feuilles charnues (succulentes), plus ou moins soudées à la tige, elle-même charnue. Cette modification est en rapport avec une accumulation de sel qui, seule, peut leur permettre d'absorber de l'eau. Des cendres de ces plantes, on extrayait autrefois du carbonate de sodium. L'eau recueillie est stockée dans les poils qui recouvrent la plante et surtout ses feuilles ; la teinte parfois blanchâtre de ces Végétaux apparaît lorsque les poils se flétrissent.

D'autre part, les inflorescences, qui sont typiquement des cymes bipares, se réduisent : les cymes deviennent unipares,

	Chenopodiacées = Salsolacées 103 *g*, 1400 *e*	**Amaranthacées** 64 *g*, 850 *e*	**Phytolaccacées** 17 *g*, 150 *e*	**Nyctaginacées** 30 *g*, 300 *e*	**Basellacées** 5 *g*, 20 *e*	**Portulacacées** 19 *g*, 500 *e* (2 *g*, 3 *e* en France)	**Caryophyllacées = Dianthacées** 80 *g*, 2000 *e*	**Aizoacées = Mesembryanthémacées = Ficoïdacées** 23 *g*, 1100 *e*	**Cactacées** 20, 30, 150 *g* env., selon les auteurs, 2000 *e*
1.	Cosmopolites, colonisent des lieux arides, supportent souvent les sols salés ou chargés en nitrate de potassium.	Cosmopolites.	Surtout régions chaudes du globe.	Amérique essentiellement, surtout régions chaudes.	Régions tropicales.	Cosmopolites, surtout américaines.	Cosmopolites, surtout hémisphère nord.	Régions chaudes, surtout Afrique du Sud.	Amérique, surtout tropicale (principalement le Mexique) ; un genre dispersé en Afrique, Madagascar, Ceylan.
2.				Crétacé.			Pliocène.		Éocène.
3.	Plantes généralement herbacées, parfois succulentes (plantes grasses). Rarement : arbrisseaux dont le port évoque celui des Prêles.		Plantes herbacées, plus rarement arbustes ou arbres, à feuilles alternes, simples.	Plantes herbacées, plus rarement arbustes ou arbres, à feuilles opposées, simples.	Lianes herbacées.	Plantes herbacées, à feuilles simples, parfois succulentes.	Plantes herbacées aux feuilles insérées sur des nœuds renflés.	Plantes herbacées aux feuilles opposées ou alternes, souvent charnues et réduites.	Plantes grasses (succulentes) aux formes caractéristiques (boules hérissées d'« épines », « cierges », etc.)
4.	5 *S* + 5 *É* épisépales + 2 *C* (formule florale rappelant celle des Urticacées).	Les *É* sont soudées par leur base en un anneau.	Variations florales nombreuses.	Les inflorescences présentent une évolution intéressante : elles ont tendance à se réduire, leurs éléments à se souder, l'ensemble prenant l'aspect d'une fleur. Tout autour, 2 à 5 bractées ressemblant parfois à des *P*, puis 5 *S* soudés dont la base subsiste autour de l'akène.		2 bractées (peut-être des sépales) puis 4-5 *S* pétaloïdes. Ovules souvent nombreux.	Inflorescences : cymes bipares. Formule florale : 5*S* + 5*P* + 10*É* + 5, 4, 3 ou 2 *C*. *C* soudés (sauf leurs styles), ovaire 1-loc. à placentation centrale.	Chez le genre *Mesembryanthemum* (800 *e*), la fleur a l'aspect d'un capitule de Composée parce que les pétales se sont multipliés et que des étamines ont pris l'apparence de pétales.	4-8 *C*, ovaire 1-loc.
5.	Akène (sauf Betterave).						Capsule (chez *Cucubalus baccifer :* baie).		Baie souvent épineuse. Graine à périsperme.

Autres familles : Sphenocleacées, Gyrostemonacées, Achatocarpacées, Dysphaniacées, Thelygonacées. En ce qui concerne les différents genres de Centrospermales, se reporter à l'*Annexe systématique*.

Les principales familles des Centrospermales.

se contractent en glomérules et finalement ne sont plus représentées que par des fleurs isolées (c'est le cas des plantes charnues). Dans certains cas, les fleurs sont unisexuées (Épinards) ; le nombre des sépales et des étamines peut être réduit. Il arrive que la dissémination des graines soit facilitée par les épines, les poils, etc., que porte la base du calice, qui est accrescent (c'est-à-dire qu'il se développe en même temps que le fruit).

De nombreuses Chenopodiacées jouent un rôle important dans l'économie humaine. La plus célèbre est la Betterave dont la racine est particulièrement riche en sucre. Cette richesse était connue depuis le XVIII[e] siècle, mais elle n'était pas exploitée, la Canne à sucre suffisant largement à couvrir les besoins sucriers à cette époque. Au moment du Blocus continental, la France vint à manquer de Canne à sucre et Napoléon favorisa l'extraction du sucre de Betterave ; il créa même en 1812 cinq écoles de chimie sucrière, des usines, des raffineries qui sont à l'origine de l'industrie sucrière européenne.

● *Caryophyllacées.* Les plantes de cette famille sont herbacées ; elles ont des feuilles simples, opposées, très souvent étroites, leurs fleurs sont habituellement en cymes bipares ; elles renferment fréquemment des *saponines,* substances qui, mises en solutions aqueuses, moussent comme du savon (d'où leur nom). Certaines espèces renferment des alcaloïdes.

Parmi les Caryophyllacées contenant des saponines toxiques, citons : les graines de la Nielle des Blés *(githagine)*, les racines et les feuilles de la Saponaire *(Saponaria,* dont la Saponaire officinale, *Saponaria officinalis)*. On a isolé des alcaloïdes dans les Herniaires (genre *Herniaria*).

Beaucoup de Caryophyllacées sont cultivées pour leurs qualités ornementales. C'est le cas des Gypsophiles (genre *Gypsophila,* 100 espèces eurasiennes dont 2 françaises). Mais la Caryophyllacée la plus célèbre est sans aucun doute l'Œillet, genre *Dianthus,* dont on connaît 300 espèces (Vieux Monde, surtout méditerranéen ; en France : 21 espèces). La souche des innombrables variétés d'Œillets cultivés est *Dianthus caryophyllus* (Méditerranée). L'odeur de l'Œillet est due à la présence d'un composé aromatique : l'*eugénol.*

Cette grande famille des Caryophyllacées a été divisée en trois sous-familles (voir *Annexe systématique*).

● *Cactacées.* Cette famille comprend environ 2 000 espèces, toutes américaines, à quelques exceptions près. Ce sont les « plantes grasses » (dites aussi « succulentes »), remarquables par leur adaptation aux climats désertiques : elles ont transformé leurs tissus en réservoirs d'eau ; les feuilles ont disparu ou sont réduites à des aiguilles. Les fleurs sont généralement grandes et isolées ; elles apparaissent à la saison des pluies. Ce sont des fleurs régulières, hermaphrodites et leurs pièces, insérées en spirale, montrent des intermédiaires entre les sépales et les pétales, qui sont soudés en un tube à la base duquel se trouve l'ovaire (avec de nombreux ovules).

Les Cactacées, dont l'appareil végétatif est très particulier, sont cultivées comme plantes ornementales (elles s'adaptent d'ailleurs à des climats différents de leur climat naturel : la plus belle collection de Cactacées européennes se trouve au Jardin exotique de Monaco). Parmi les espèces les plus utilisées par l'homme, citons :

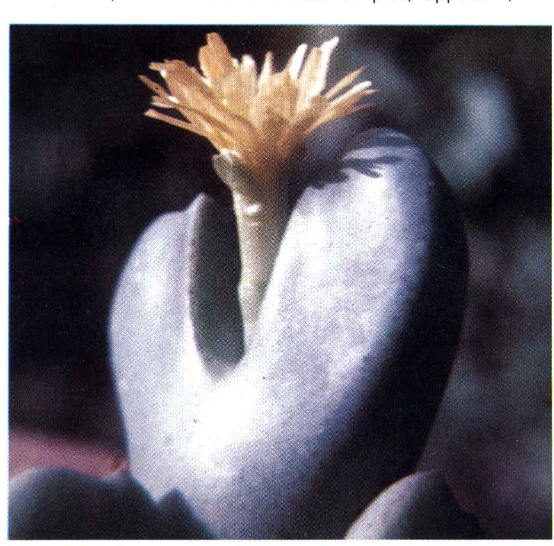
— *Opuntia ficus-indica* (Figuier de Barbarie) dont les fruits sont comestibles et donnent, en fermentant, un alcool parfumé (100 kg de fruits donnent 5 litres d'alcool à 85°). Le Figuier de Barbarie porte souvent une Cochenille contenant un *carmin ;* son élevage sur certaines espèces d'*Opuntia* était très répandu au Mexique.

— *Opuntia tuna* donne une boisson enivrante, dont usent certains habitants de l'Amérique centrale.

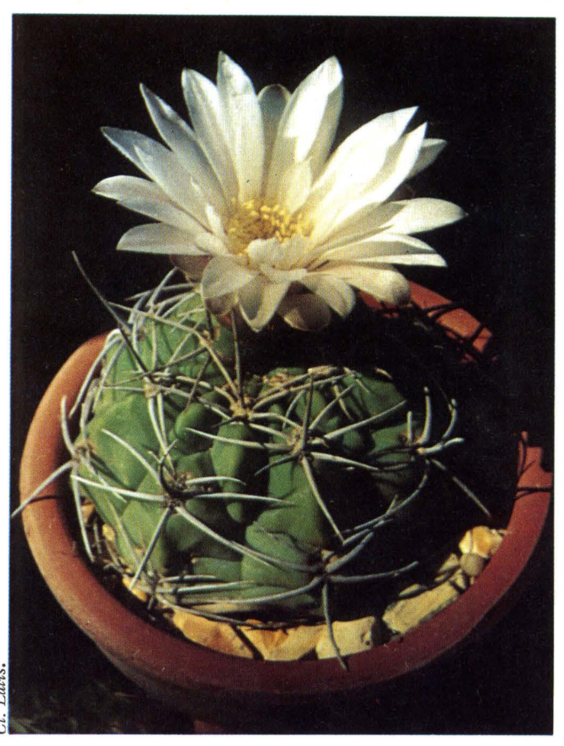
— *Lophophora williamsii* s'appelait, chez les Aztèques, *Peyotl.* C'est le moine franciscain Bernardino de Sahagun (1500-1590) qui a fait connaître aux Européens, pour la première fois, les drogues sacrées du Mexique dans son *Histoire générale des choses de la Nouvelle-Espagne :*

« *Les Chichimèques estimaient le Peyotl en place de vins ou de Champignons...* (Quand ils en absorbent) *ils ont des visions terrifiantes ou hilarantes. Cet état d'ivresse dure deux ou trois jours.* »

Le principe actif du Peyotl a été isolé pour la première fois en 1896 par Heffter : c'est la *mescaline,* qu'on sait produire par synthèse depuis 1919. La *mescaline* provoque chez l'individu sain des perturbations de l'humeur (euphorie, angoisse, etc.), des troubles intellectuels modérés, une per-

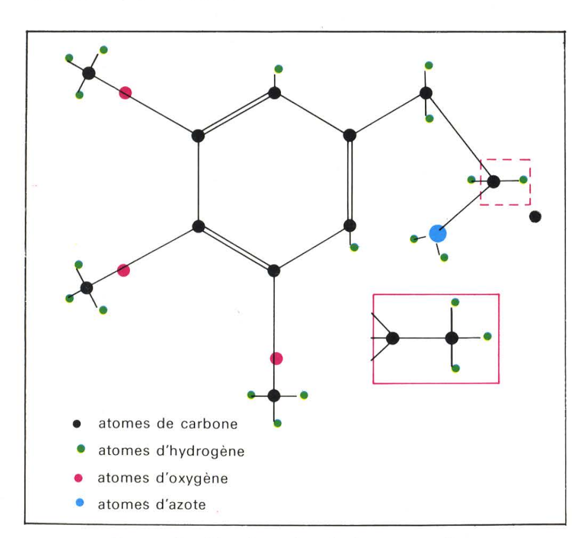

Cl. Latis.

Conophytum setzlerianum, *« plante-caillou ».*


Cl. Latis.

Gymnocalycium mostii v. Kurzianum *(Cactacées). On voit ici la floraison de ce Cactus.*

turbation de la perception du monde extérieur, une augmentation de la sensibilité et des hallucinations visuelles intenses, favorisées par la solitude.



Formule développée de la mescaline.
La mescaline comprend un atome d'azote (c'est un alcaloïde), alors que le haschisch et les composés du haschisch ne comportent pas d'azote. D'autre part, elle est chimiquement apparentée à l'adrénaline. Il existe un stimulant artificiel apparenté à la mescaline : l'amphétamine, qui agit à des doses bien moindres (dose active de la mescaline pour l'homme : 200 à 500 mg ; de l'amphétamine : 10 mg).
Le double trait indique l'existence d'une double liaison ; la partie entourée d'un cadre en tireté est remplacée, dans la formule de l'amphétamine, par le groupement figurant dans le rectangle, à droite (le reste de la molécule d'amphétamine étant identique à la molécule de mescaline).

Pour d'autres détails, voir l'*Annexe systématique*.

Les Gamopétales du phylum 3.

Ordre des Plumbaginales.

● *Les plantes de cet ordre* sont apparentées aux Centrospermales et aux Primulales. L'ovaire de leurs fleurs ne renferme qu'un seul ovule enveloppé de deux téguments ; il contient un nucelle volumineux. Une seule famille : les Plumbaginacées.

● *La famille des Plumbaginacées:*

Plumbaginacées : 10 *g*, 400 *e*
1. Pratiquement cosmopolites ; nombreuses dans les régions méditerranéennes et en Asie centrale. 3. Plantes herbacées, arbustes ou lianes ; fréquentes en milieux steppiques ou sur sols salés. Feuilles simples, alternes, parfois groupées en rosette. 4. 5 *S* soudés + 5 *P* généralement soudés + 5 *É* superposées aux *P* + 5 *C* (ovaire 1-loc.). 5. Akènes, capsule ou pyxide. 6. Voir *Annexe systématique*. Les racines de certaines espèces sont riches en tanin.

Ordre des Primulales.

● *Généralités*. Apparentées aux Centrospermales. L'ovaire de leurs fleurs, à placentation centrale, renferme de nombreux ovules ; ceux-ci ont deux téguments et un nucelle volumineux. Les étamines qui alternent avec les pétales disparaissent généralement ; les étamines superposées aux pétales sont insérées sur ceux-ci.

● *Les familles*. Cet ordre comprend 3 familles : les Théophrastacées, les Myrsinacées et les Primulacées (voir *Annexe systématique*). Les caractères des Primulacées sont indiqués dans le tableau suivant :

Primulacées : 28 *g*, 500-600 *e*
1. Cosmopolites ; hémisphère nord, surtout Himalaya. 2. Éocène. 3. Plantes herbacées, parfois à bulbe ou à rhizome. Certaines sont aquatiques. Feuilles en rosette à la base des plantes (exemple : la Primevère). 4. Fleurs généralement de type 5. Style et étamines de longueurs différentes. 5. Capsule ou pyxide. Graines à petit embryon droit, albumen charnu. 6. Voir *Annexe systématique*. Cette famille comprend notamment les Primevères et les Cyclamens.

LIGNÉE IV.

Ce groupe énorme, qui ne comprend que des Dicotylédones, correspond à huit phylums, numérotés de 4 à 11 dans le tableau général de la p. 90. En se reportant à ce tableau, le lecteur constatera que les plantes de ce groupe immense présentent à peu près tous les types d'organisation végétale (Apétales, Dialypétales, etc.).

Phylum 4.

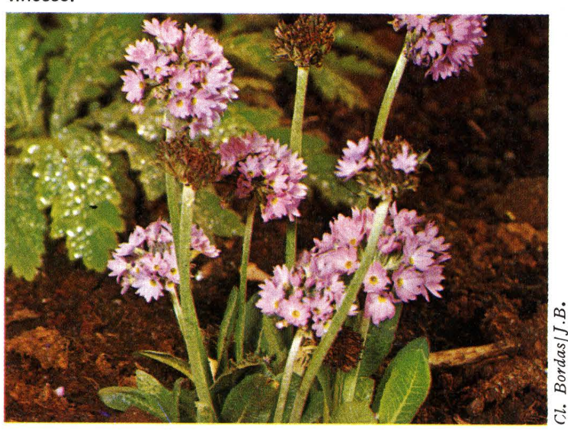
Il ne comprend que des Apétales à fleurs unisexuées formant deux ordres : les Juglandales et les Julianiales.

Ordre des Juglandales.

L'ordre est représenté par l'unique famille des Juglandacées, arbres monoïques à feuilles alternes, sans stipule, pourvues de poils glanduleux. Les fleurs sont groupées en chatons (comme chez les Amentiflores).

Juglandacées : 6-7 *g*, 50 *e*
1. Régions tempérées de l'hémisphère nord. 2. Crétacé supérieur. 4. *Fl* ♂ : 4 pièces sépaloïdes ; plusieurs *É*. *Fl* ♀ : 4 « *S* » ; ovaire infère. 5. Drupe. 6. Noyers (genre *Juglans*) et Hickorys (genre *Carya*), recherchés pour leurs bois.

La *noix* du Noyer européen *(Juglans regia)* est un fruit (drupe) dont le mésocarpe vert, coriace, est le *brou* (utilisé pour la préparation de liqueurs, car il renferme un composé aromatique : le *juglon* ou *juglone*). L'endocarpe, ligneux, constitue la *coque* de la noix contenant une graine avec deux gros cotylédons à surface bosselée (la partie comestible). Les graines des Juglandacées fournissent de l'huile (25 %) ; l'huile de noix est très appréciée pour sa finesse.



Cl. Bordas/J.B.

On connaît 250 espèces de Primevères ; ci-dessus : **Primula denticulata** *(Primulacées).*

Ordre des Julianiales.

Famille unique ne comprenant que deux genres (Mexique-Pérou). Ce sont des arbres ou arbustes à feuilles alternes.

Phylum 5.

Il comprend sept ordres dont les familles présentent de nombreuses affinités.

Ordre des Térébinthales.

Cet ordre groupe 24 familles, dont 7 sont de position systématique douteuse. Un certain nombre de ces familles peuvent être rapprochées de familles appartenant à d'autres ordres (en particulier aux Géraniales, aux Célastrales et aux Malvales).

Ce sont dans l'ensemble des plantes ligneuses, à feuilles composées-pennées, dépourvues de stipule. Elles possèdent un appareil sécréteur important fournissant des résines et des essences. Leurs fleurs sont habituellement du type 5 ; elles sont dialypétales (pétales séparés) et *disciflores* (pièces florales insérées sur un disque, voir p. 82). Leurs ovules anatropes sont souvent situés *au-dessous* de leur raphé (on dit alors qu'ils sont *apotropes*). Les Orangers, les Citronniers, les Pamplemousses, les Manguiers, les Pistachiers, les Érables, etc., appartiennent à l'ordre des Térébinthales.

Avant d'étudier les caractères des principales familles, voici une présentation générale de cet ordre (nous avons suivi la classification d'Emberger) :

TÉRÉBINTHALES au sens strict	**Rutacées, Simarubacées, Burseracées, Meliacées** .... groupe A **Polygalacées,** Trigoniacées, Vochysiacées ..... groupe B **Anacardiacées, Sapindacées, Aceracées, Hippocastanacées** ... groupe C Buxacées .... } familles isolées Aextoxicacées .... Akaniacées ....
TÉRÉBINTHALES se rapprochant des Celastrales	Coriariacées Cyrillacées Pentaphylacacées
Familles à position douteuse	Diclidantheracées, Balsaminacées, Corynocarpacées, Didiereacées, Tremandracées, Sabiacées, Melianthacées.

***Les familles de l'ordre des Térébinthales** (en caractères gras : les familles étudiées dans le texte ; pour les autres familles, se reporter à l'**Annexe systématique**).*

Les familles du groupe A. La formule florale est en général :

$$5\,S + 5\,P + (5 + 5)\,É + 2\text{-}5\,C.$$

Le nombre des étamines peut se multiplier ou se réduire ; les carpelles sont parfois plus ou moins séparés dans la région de l'ovaire.

	Rutacées 150 *g*, 2000 *e*	**Simarubacées** 30-40 *g*, 200 *e*	**Burseracées** 20-30 *g*, 600 *e*	**Meliacées** 51 *g*, 1000 *e*
1.	Cosmopolites ; absentes des régions froides.	Régions tropicales.	Régions chaudes.	Régions tropicales.
2.	Éocène.		Éocène inférieur.	
3.	Arbres ou arbustes, rarement herbes. Feuilles contenant de nombreuses poches à essence.	Arbres ou arbustes.	Arbres à canaux sécréteurs produisant des résines diverses.	Arbres ou arbustes. Cellules à essences.
4.	Le disque à nectar a la forme d'un coussin, d'un anneau, d'une coupe ou d'une colonne.	Fleurs souvent unisexuées, polygames.		Étamines formant souvent un tube.
6.	Très grand intérêt économique ; les espèces de cette famille produisent des essences, des alcaloïdes (pilocarpine, berbéridine, cusparine, etc.), des hétérosides (angustirine, etc.), des acides (acide citrique du genre *Citrus*), des saponines. Les arbres donnent souvent des bois précieux ; les fruits du genre *Citrus*, appelés collectivement *agrumes*, sont consommés mondialement (environ 15 millions de tonnes par an). Beaucoup d'espèces sont ornementales. Pour les détails, voir *Annexe systématique*.	Bois (Quassia de Surinam) ; arbres introduits en France pour l'élevage de certains Vers à soie (*Ailanthus glandulosa*, ou Vernis du Japon), aujourd'hui abandonné.	*Protium (Am.T.)* fournit du *bois de Rose* et l'*encens de Cayenne* (Oliban).	Bois (Acajou, Mahagoni, voir *Annexe systématique*).

Les principales familles de Térébinthales (groupe A).

	Polygalacées 10 *g*, 700 *e* *Fl* irrégulières ; 2 *C*	Anacardiacées 75 *g*, 600 *e* *Fl* irrégulière ; 3 *C*	Sapindacées 130 *g*, 1100 *e* *Fl* irrégulière ; 3 *C* 1-ovul.	Aceracées 2 *g*, 150-200 *e* *Fl* régulière ; 2 *C*	Hippocastanacées 2 *g*, 18 *e* *Fl* irrégulière ; 3 *C* 2-ovul.
1.	Cosmopolites.	Régions tropicales.	Régions tropicales.	Hémisphère nord ; principalement régions montagneuses.	Amérique du Nord et centrale ; et des Balkans au Japon.
3.	En général : herbacées.	Arbres ou arbustes.	Arbres, arbustes, lianes, à feuilles alternes généralement composées.	Principalement : arbres ; feuilles opposées, généralement simples.	Arbres à feuilles opposées, digitées.
4.	5 *S* : les deux *S* latéraux forment ailes à aspect de pétales. 5 *P* (dont 2 avortent souvent). 10 *É* (théoriquement).	Organisation florale voisine de celle des Burseracées.	Fleurs souvent unisexuées (avortement d'une partie de la fleur).	Fleurs polygames de type 4 ou 5. Inflorescences : grappes ou corymbes.	Fleurs souvent unisexuées par avortement d'une partie. Inflorescences : grappes de cymes.
5.	Capsule, graines à caroncule.				
6.	Des espèces de *Polygala* sont médicamenteuses (sudorifiques ; renferment des saponines). Quelques espèces alimentaires.	Intérêt économique considérable. *Mangifera* (Manguier) fournit les mangues (comestibles), en particulier *M. indica*. Les amandes de *Pistacia vera* donnent les *pistaches*. Matière colorante jaune dans le bois et les racines de *Cotinus coccygia ; Schinus balansæ* donne le bois de quebracho. Le genre *Rhus* est riche en tanin.	Les Sapindacées fournissent des bois très durs *(bois de fer)* : *Thouinia striata ;* des fruits comestibles (*Aphania senegalensis* est la Cerise du Sénégal ; Litchis des restaurants chinois) ; des graines comestibles : *Paullinia cupana* (Am.S.) a des graines à caféine. Espèces ornementales.	2 genres : *Acer* (Érable), auquel se rattachent à peu près toutes les espèces de la famille et *Dipteronia* (une espèce en Chine). Les Érables sont recherchés pour leur bois et la richesse en saccharose de certaines espèces (*A. saccharum* : Érable à sucre).	*Æsculus hippocastanum* est le Marronnier d'Inde ; sa graine, le « marron », n'est pas comestible (elle contient une saponine toxique).

Les principales familles de Térébinthales (groupes B et C).

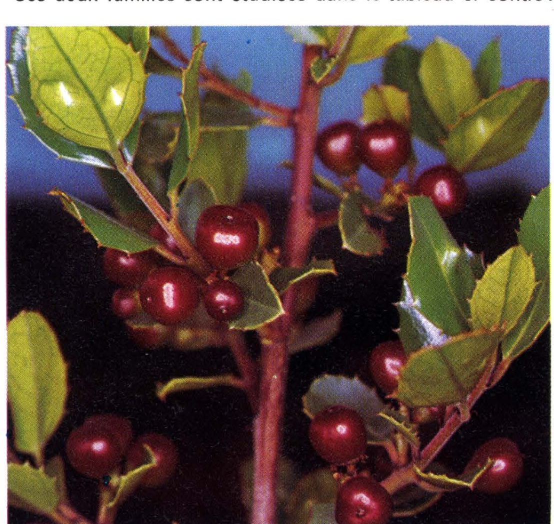
● *Principales familles des groupes B et C.* On peut les distinguer d'après le nombre de leurs carpelles et l'aspect régulier ou irrégulier de leurs fleurs (voir tableau ci-dessus).

Autres familles : voir *l'Annexe systématique.*

Ordre des Celastrales.

● *Ce sont aussi,* comme les Térébinthales, des Dicotylédones Dialypétales Disciflores ; leur plan floral est généralement réduit et elles ont une tendance à la soudure des pétales (c'est-à-dire à devenir des Gamopétales). Le nombre des carpelles tend à se réduire à 2. Ovules apotropes. L'ordre comprend 9 familles : Celastracées, Aquifoliacées, Stackhousiacées, Hippocratéacées, Icacinacées, Périptérygiacées, Salvadoracées, Staphylæacées, Erythropalacées. Nous étudierons ici les deux premières ; se reporter à l'*Annexe systématique* pour les autres.

● *Familles des Celastracées et des Aquifoliacées.* Ces deux familles sont étudiées dans le tableau ci-contre :



Cl. Gil Carles.

Il existe plus de 300 espèces de Houx ; celle qui pousse dans nos régions est* Ilex aquifolium. *L'ovaire du Houx se transforme, à maturité, en une drupe rouge vif.

	Celastracées 40-50 *g*, 500 *e*	Aquifoliacées 4-5 *g*, 300 *e*
1.	Cosmopolites (sauf régions arctiques).	Cosmopolites ; surtout américaines.
2.	Crétacé inférieur.	Cénomanien.
3.	Arbustes à feuilles opposées ou alternes, simples.	Arbustes à feuilles alternes, simples.
4.	Inflorescences : petites cymes.	Fleurs petites, rarement solitaires.
5.	Capsule ; graines à arille.	Drupes ; graines albuminées.
6.	Le bois des Celastracées est utilisé en ébénisterie. *Euonymus* est le Fusain *(Chapeau de curé)*, utilisé pour la culture ornementale ; le bois de Fusain, calciné, donne le fusain à dessiner. Les feuilles du genre *Catha*, qui contiennent de la caféine, servent à préparer des infusions (Afrique orientale, Arabie).	Presque toutes les espèces appartiennent au genre *Ilex. Ilex aquifolium* est le Houx (Europe occidentale et Asie Mineure jusqu'en Iran). On connaît ses feuilles coriaces, persistantes, à bords épineux, ses petites fleurs verdâtres, hermaphrodites ou unisexuées, ses fruits drupacés, rouges. *I. paraguariensis* (Amérique du Sud) contient dans ses feuilles de la caféine ; il est utilisé en infusions toniques *(maté)*.

Familles des Celastracées et des Aquifoliacées.

Ordre des Rhamnales.

● *Comme les Térébinthales et les Célastrales,* ce sont des Dialypétales Disciflores ; elles n'ont pas d'appareil sécréteur de résine et leurs pétales ont moins tendance à se souder que chez les Célastrales. Ovules apotropes. Trois familles : les Rhamnacées, les Vitacées et les Léeacées (cette dernière, avec un genre unique : *Leea,* dans l'hémisphère sud, est très voisine des Vitacées).

Familles des Rhamnacéés et des Vitacées.

	Rhamnacées 50 *g*, 600-700 *e*	Vitacées (= Ampelidacées) 12 *g*, 700 *e*
1.	Cosmopolites.	Régions chaudes et tempérées.
2.	Crétacé supérieur.	Éocène inférieur, peut-être Crétacé.
3.	Arbres ou arbustes souvent épineux, à feuilles simples. Quelquefois, lianes grimpantes, par des vrilles (provenant de la transformation de rameaux ou d'inflorescences).	Arbustes grimpants, ou lianes à feuilles alternes, pourvues de stipules. Les vrilles sont des inflorescences transformées.
4.	Polygamie fréquente, existence d'un conceptacle, comme chez les caliciflores.	Fleurs habituellement de type 4 ou 5. 2 *C* ; ovaire 2-loc, à 2 ovules par loge.
5.	Fruits secs, ou drupes à plusieurs noyaux, baies ou akènes. Grands cotylédons.	En général : baie (parfois cloisonnée).
6.	Les fruits de *Zizyphus jujuba* et de *Z. lotus* sont comestibles (jujubes) ; nombreuses espèces médicamenteuses *(Rhamnus alpina* a des fruits contenant des principes purgatifs ; l'écorce de *Rhamnus frangula*, ou Bourdaine, est laxative, etc.). Certaines espèces contiennent des colorants ; les feuilles de *Ceanothus americana* sont utilisées comme du Thé. Bois : *Hovenia* est le *Mahagoni du Japon ;* les bois d'autres Rhamnacées sont des bois extrêmement durs (« bois de fer »).	Le principal genre est la Vigne *(Vitis)* : voir ci-dessous. Espèces ornementales : *Parthenocissus tricuspidata* ou Vigne vierge ; *Ampelopsis* (une autre « Vigne vierge »).



Cl. Atlas photo.

Parthenocissus tricuspidata *ou Vigne vierge.*

● *Le genre Vitis* (Vigne). La Vigne cultivée est *Vitis vinifera ;* la souche sauvage de cette Vigne serait la Vigne sauvage, *Vitis silvestris,* qui pousse spontanément dans les régions méditerranéennes. Autres espèces-souches de Vigne cultivée : *V. riparia, V. rupestris, V. labrusca, V. aestivalis, V. rotundifolia,* qui poussent spontanément en Amérique. Il existe de très nombreuses sous-espèces de Vigne, sélectionnées par l'homme.

Le fruit de la Vigne est une baie (raisin) renfermant deux à quatre graines (les « pépins »). Il peut aussi se développer des fruits sans fécondation (parthénocarpie) ; on obtient alors des raisins sans graines (raisins sans pépins) : ce sont les « raisins de Corinthe ». La fermentation des grains de raisin donne le vin (connu depuis la plus haute Antiquité dans le monde méditerranéen). De l'albumen des pépins on extrait une *huile de pépin* utilisée en savonnerie et dans l'industrie des peintures. Rappelons enfin que la Vigne européenne *(Vitis vinifera)* a été attaquée, à la fin du XIX[e] siècle, par un puceron, le Phylloxera de la Vigne ; on a lutté contre le Phylloxera en utilisant les plants américains *(Vitis rupestris,* etc.) plus résistants.

Ordre des Ombelliflores.

Les Ombelliflores, avec le petit ordre voisin des Garryales, sont les seules Dialypétales Caliciflores (c'est-à-dire dont les carpelles sont insérés au fond d'un calice, voir p. 82) de la lignée IV. Les anciennes classifications, qui reposaient sur les modes d'organisation florale, connaissaient 5 ordres de Dicotylédones Dialypétales Caliciflores : les Ombelliflores, les Garryales, les Thyméléales, les Rosales et les Myrtales

(ces trois derniers ordres appartiennent à la lignée V, phylum 18).

● *Comme leur nom l'indique, les Ombelliflores* sont caractérisées par leur inflorescence typique, en ombelle; signalons tout de suite que cette inflorescence n'est pas générale : il existe aussi des cymes (dont la forme, cependant, reproduit plus ou moins celle d'une ombelle). L'ovaire — toujours infère — est soudé au conceptacle (ovaire « adhérent »); à l'intérieur, les ovules n'ont en général qu'un seul tégument et leur nucelle est petit. La fleur est régulière, de type 5 (5 sépales très petits, 5 pétales, 5 étamines alternant avec les pétales et 2 à 5 carpelles donnant un ovaire avec 2 à 5 loges; en général les styles ne sont pas soudés). Graines à albumen. Les fruits sont variés.

D'une manière générale, les Ombelliflores sont ligneuses, à l'exception des Ombellifères qui sont, dans l'ensemble, des herbes (attention : les Ombellifères sont une *famille* appartenant à l'ordre des Ombelliflores).

L'ordre comprend 5 familles : les Araliacées, les Ombellifères, les Cornacées, les Alangiacées et les Nyssacées. Les affinités entre les deux premières sont extrêmement nettes; elles sont plus confuses en ce qui concerne les autres familles.

Nous ne dirons rien ici des Alangiacées (un seul genre : *Alangium*, avec 21 espèces dans les zones chaudes et tempérées du Vieux Monde, sauf l'Europe), qui sont voisines des Cornacées, ni des Nyssacées (3 genres, 6 espèces), souvent réunies, elles aussi, aux Cornacées dont elles diffèrent par leurs fleurs en capitule. Voici les caractéristiques permettant de séparer les trois autres familles :



Cl. Bordas/J.B.

Un Forsythia (Oléacée) : l'une des premières fleurs de printemps.

Ovulé	Fruit	Fleur	Appareil végétatif	Familles
Ovule épitrope (*au-dessus* du raphé); des canaux sécréteurs.	Drupe ou baie.	Plan floral *variable :* 2 à 5 *C*, d'où 2 à 5 loges à 1 ovule chacune; styles libres ou soudés.	Plantes ligneuses, parfois grimpantes. Feuilles engainantes, simples ou divisées, le plus souvent alternes et pourvues de stipules.	***Araliacées***
	Diakène typique.	Plan floral *fixe :* 2 *C* d'où 2 loges à 1 ovule; styles libres.	Herbes; très rarement arbustes ou lianes. Feuilles alternes, dépourvues de stipules, presque toujours engainantes, en général très divisées.	***Ombellifères***
Ovule apotrope quelquefois épitrope. Pas de canaux sécréteurs en général	Drupe ou baie.	2 à 5 *C* d'où 2 à 5 loges, mais parfois une seule loge uni-ovulée. Styles soudés.	Arbres ou arbustes; feuilles le plus souvent opposées et dépourvues de stipules.	***Cornacées***

Les trois principales familles d'Ombelliflores.

● *Famille des Araliacées :* 65 *g*, 800 *e*. Famille des régions tropicales; une espèce en France et en Europe : *Hedera helix* qui est le Lierre. Cette famille remonte au crétacé inférieur et est sans doute encore plus ancienne. L'intérêt économique de cette famille est très faible; elle fournit surtout des plantes ornementales. Le Lierre a deux formes de feuilles dont l'apparition dépend de la lumière et de la maturité sexuelle de la plante. Les rameaux à fleurs sont dressés; leurs feuilles ont un limbe allongé. Les rameaux ordinaires sont grimpants ou rampants et portent des feuilles à la découpure caractéristique. Les racines sont des crampons.

● *Famille des Ombellifères :* 150 *g*, 3000 *e*. Habitant dans l'ensemble l'hémisphère nord tempéré; en France, 68 *g* et 85 *e*. Les Ombellifères sont rares dans les régions tropicales. La famille remonte au crétacé inférieur.

Ce sont dans l'ensemble des herbes annuelles, bisannuelles ou vivaces, à tige cannelée devenant creuse par résorption de la moelle. Certaines ont une racine tuberculeuse (Carottes) ou même un véritable tubercule; certaines possèdent un rhizome (Angéliques). Canaux sécréteurs contenant des essences, des oléo-résines, des alcaloïdes, etc.

L'inflorescence est une ombelle. Dans l'ombelle, polygamie fréquente : fleurs centrales hermaphrodites ou femelles, fleurs périphériques mâles, avec des pétales extérieurs souvent plus grands (les fleurs périphériques peuvent être stériles : elles ont pour fonction principale d'attirer les Insectes pollinisateurs). L'ombelle représente donc une remarquable adaptation à la pollinisation par les Insectes. La formule florale est la suivante :

5 *S* (très petits) + 5 *P* (à onglet court)
+ 5 *E* (alternant avec les *P*) + 2 *C*.

Les étamines sont les premières pièces florales qui se forment; ensuite apparaissent les pétales, les sépales et enfin les carpelles. La fleur est donc d'abord mâle (c'est ce qu'on appelle la *protandrie*), ce qui rend la fécondation croisée obligatoire (comparez avec la fécondation du Figuier). Le filet de chaque étamine est d'abord enroulé dans le bouton floral; il se déroule au cours de la maturation. Un disque à nectar surmonte l'ovaire.

Le fruit ou diakène, très typique, présente quelques variations qui sont utilisées pour la classification. Il se compose de deux akènes soudés (méricarpes = demi-fruits). Les deux carpelles sont accolés, chaque akène est donc enveloppé dans la paroi d'un carpelle. Au sommet se trouvent les restes des styles et du calice. Lorsqu'ils mûrissent, les deux akènes se décollent de bas en haut, restent attachés au sommet sur une sorte de petite colonne centrale à deux branches. Chaque akène est plat d'un côté (face de contact avec l'akène voisin), arrondi de l'autre. Sur le côté arrondi s'étendent 5 « côtes primaires » longitudinales; entre deux côtes primaires, le creux comporte une ou plusieurs poches sécrétrices et parfois une « côte secondaire ». Les graines ont un volumineux albumen; l'embryon est petit.

La classification des Ombellifères est complexe; on en a proposé plusieurs types. Ajoutons que la famille exprime incontestablement une tendance à la soudure des pétales (gamopétalie); il y a enfin une parenté entre les Ombellifères et les Solanacées. Sans entrer ici dans des considérations trop complexes, on peut retenir l'existence de trois sous-familles :

— les Hydrocotyloïdées ont un fruit à endocarpe ligneux, sans canaux sécréteurs (sinon, parfois, dans les côtes primaires); ombelle simple (ou *capitule*);

— les Saniculoïdées ont un endocarpe souple, des canaux sécréteurs et des styles entourés d'un disque en anneau. Exemple : le Panicaut, genre *Eryngium ;* ombelle composée;

— les Apioïdées ont un endocarpe souple, avec parfois quelques couches ligneuses; des canaux et des styles au sommet du disque. Cette sous-famille est abondante et comprend la plupart des Ombellifères utilisées par l'homme soit comme condiments (Coriandre, genre *Coriandrum ;* Cumin, genre *Cuminum ;* Persil, genre *Petroselinum ;* Faux Cumin ou Anis des Vosges, espèce *Carum carvi ;* Anis vert, genre *Pimpinella ;* Fenouil, genre *Fœniculum ;* Angélique, genre *Angelica*), soit comme légumes (Carotte, genre *Daucus ;* Céleri, genre *Apium*, etc.), soit... comme poisons (la Ciguë, genre *Cicuta*, dont on fait une tisane mortelle).

● *Famille des Cornacées :* 10 genres, 120 espèces. Famille habitant surtout l'hémisphère nord, remontant au moins au Crétacé moyen. A l'exception de *Cornus canadensis*, les Cornacées sont des arbres ou des arbustes; leur fruit est une drupe. Utilisation : les fruits des Cornouillers (genre *Cornus*) sont comestibles; leur bois est dur et souple. Nombreuses espèces ornementales *(Aucuba japonica)*.

Ordre des Garryales.

Cet ordre ne comprend qu'une famille, les Garryacées, avec un genre : *Garrya* et environ 15 espèces (Amérique du Nord, Jamaïque). Le genre est connu depuis le Pliocène. Il s'agit d'arbustes, rarement d'arbres, toujours verts, à feuilles entières, opposées, sans stipules. Inflorescences en chatons; ovaire de 2 carpelles, 1-loc., avec deux styles et deux ovules. Ce sont des plantes dioïques, issues sans doute de la même souche que celle qui a engendré les Ombelliflores.

Ordre des Ligustrales.

Les Ligustrales sont les seules plantes du phylum 5, avec les Rubiales, à être gamopétales, c'est-à-dire à avoir leurs pétales soudés entre eux. Cette soudure assure une meilleure protection des organes sexuels et le nectar peut s'accumuler dans une coupe; la fleur des gamopétales est donc perfectionnée, spécialement pour la pollinisation. Les étamines paraissent être insérées sur la corolle et elles sont disposées en un seul verticille; les ovules n'ont plus qu'un seul tégument. Les Ligustrales possèdent 2 étamines et 2 carpelles à ovaire supère. L'ordre ne comprend qu'une famille, la famille des Oléacées.

Oléacées : 25 *g*, 500 *e*

1. Régions tropicales et tempérées; surtout Asie orientale.

2. Crétacé supérieur.

3. Arbres, arbustes ou lianes à feuilles opposées.

4. Inflorescences en grappes ou en cymes. Fleurs régulières, quelquefois unisexuées, dioïques ou polygames. Formule la plus fréquente : $4\,S + 4\,P + 2\,É + 2\,C$. 2 loges à 2 ovules en général.

5. Le fruit est une capsule, une baie, une drupe, un akène ou une noix ailée. Graines albuminées ou exalbuminées. Embryon droit.

6. On y distingue 2 sous-familles : les Oléoïdées et les Jasminoïdées (voir *Annexe systématique*). Principaux genres : *Olea* (Olivier), 60 espèces environ dans le Vieux Monde. La culture de l'Olivier serait originaire de Syrie, de Palestine et de Crète; l'Olivier sauvage (non spontané en France) serait *Olea europæa*, dont la variété cultivée serait *Olea europæa sativa*. Mais les botanistes ne sont pas d'accord sur l'origine des Oliviers cultivés. Le bois d'Olivier est un bois d'œuvre, très dur; on tire de son fruit (une drupe : l'olive) une huile non siccative, rancissant difficilement, contenant 72 % d'oléine; le Frêne (genre *Fraxinus*) donne un bois d'œuvre excellent; le Jasmin (genre *Jasminum*) est utilisé comme plante d'ornement ou comme source d'essence de Jasmin *(J. officinale)*. *Forsythia.*

Ordre des Rubiales.

● *Généralités*. Ce dernier ordre du phylum 5 est composé de plantes gamopétales à ovaire infère (alors que chez les Ligustrales, l'ovaire était supère). Les Rubiales ont le plus souvent des feuilles opposées; leurs fleurs, souvent groupées en cymes, sont régulières ou irrégulières, de type 5 ou 4. L'ovaire infère est divisé en plusieurs loges (ovaire pluri-loculaire) et renferme des ovules enveloppés d'un seul tégument, généralement apotropes. Le nucelle est petit. L'ordre comprend 7 familles, dont la dernière est annexe (Emberger) : les Rubiacées, les Caprifoliacées, les Adoxacées, les Valérianacées, les Dipsacacées, les Calycéracées et les Loganiacées (ces dernières ont un ovaire supère). La plus importante d'entre elles est celle des Rubiacées (500 *g*, 6000 *e* cosmopolites, particulièrement nombreuses dans les régions tropicales).

● *Famille des Rubiacées*.

Rubiacées : 500 *g*, 6000 *e*

1. Cosmopolites, particulièrement nombreuses dans les régions tropicales.

2. Crétacé supérieur.

3. Herbes dans les régions tempérées, arbustes ou arbres dans les régions tropicales, lianes; feuilles opposées, généralement simples, toujours pourvues de stipules (qui sont parfois aussi grandes que les feuilles).

4. Inflorescences : cymes diversement associées; les fleurs sont rarement solitaires. *Fl* régulières de type 5 en général. *S* en général petits, réduits à quelques dents (ressemblance avec les Ombellifères); *P* formant plus ou moins un tube protégeant les organes sexuels.
É alternant avec les *P* et soudées avec ceux-ci; 2 *C*, donc 2 loges (exceptionnellement, 3 ou 4 *C*) renfermant un nombre variable d'ovules.

5. Diakène, baie, drupe ou capsule. Graines parfois ailées, à albumen corné ou charnu.

6. Deux sous-familles : les Cinchonoidées ont des carpelles à un nombre indéterminé d'ovules; les Coffeoidées ont des carpelles ayant chacun 1 ovule. Les genres ayant un intérêt particulier sont étudiés à la suite de ce tableau.

— *Cinchona* (Quinquina) est originaire d'Amérique du Sud et cultivé sous les tropiques, notamment en Insulinde. Les écorces des Quinquinas contiennent d'importants alcaloïdes comme la quinine et la cinchonine. On distingue trois groupes : les Quinquinas gris, rouges et jaunes, répartis selon le tableau suivant :

Quinquinas gris	*C. officinalis* *C. crispa*	*Quinquina loxa* (variété commerciale)
	C. peruviana *C. micrantha* *C. nitida* etc.	*Huanaco du Pérou* et *Quinquina Guayaquil (C. micrantha)*
Quinquinas rouges	*C. succirubra*	
Quinquinas jaunes	*C. calisaya*	*Quinquina calisaya* (riche en quinine)
	C. tucuyensis	*Quinquina de Carthagène*

Les Quinquinas.

Remarque. — *C. officinalis* est pauvre en quinine à l'état sauvage, mais, cultivé, il donne 6 à 8 % d'alcaloïdes (dont 3,5 % de sulfate de quinine). On tire aussi de la quinine ou des substances voisines des espèces du genre *Ladenbergia* (Amérique du Sud).

— Le genre *Pausinystalia* (Gabon) possède des écorces riches en yohimbine (alcaloïde vaso-dilatateur et aphrodisiaque).

— *Coffea* (Caféier) est un genre qui comprend environ 60 espèces et de très nombreuses variétés. Cette plante est originaire de l'Abyssinie et de l'Afrique tropicale d'où elle aurait été transportée, au XIVe ou au XVe siècle, en Arabie (aux environs de Moka, dans le Yémen). La culture du Caféier s'est ensuite étendue aux Indes, puis au Nouveau Monde (Amérique inter-tropicale). Le fruit du Caféier est une drupe ressemblant, par la taille et la couleur, à une cerise très mûre, fixée aux branches de l'arbre; c'est la graine de ce fruit qui constitue le café ordinaire. Lorsque la graine est encore entourée de son endocarpe, il est appelé *café en parche* (« café d'Arabie » à la saveur très amère et dont on ajoute un ou deux grains à du café ordinaire pour lui donner une saveur particulière); lorsque la graine est simplement pourvue d'un tégument argenté, c'est le *café décortiqué ;* enfin, la graine réduite à l'albumen corné est le *café nu* (qu'il faut griller — torréfier — avant de l'utiliser). Le café renferme entre 0,7 et 2 % de caféine, de 6 à 15 % de matières azotées, de 4 à 11 % de matières grasses, de 2 à 5 % de cendres. La caféine est un tonique, un stimulant du système nerveux central et un diurétique.

Principales espèces : *Coffea arabica* (café d'Abyssinie), cultivé surtout au Brésil; *Coffea liberica* (Libéria); *Coffea canephora* et *Coffea robusta* d'Afrique tropicale.

— *Uragoga* n'est autre que l'Ipéca; la racine d'*Uragoga ipecacuanha* est l'Ipéca officinal, contenant divers alcaloïdes dont l'émétine.

— *Rubia* (Garance) contient une matière colorante (*R. tinctorum :* ancienne Garance des teinturiers).



Cl. G. Broutin/Atlas photo.

Caféier d'Afrique.



Cl. Naud/Atlas photo.

C'est du Quinquina (genre Cinchona, famille des Rubiacées) que l'on extrait la quinine. Cette plante est originaire d'Amérique du Sud, mais elle est aujourd'hui cultivée sous les tropiques, surtout en Insulinde.

● *Famille des Caprifoliacées.*

Caprifoliacées : 20 *g*, 300-350 *e*

1. Répandues surtout dans l'hémisphère nord; peu nombreuses dans l'hémisphère sud.

2. Crétacé supérieur.

3. Arbustes; rarement : arbres ou même herbes. Feuilles opposées, dépourvues de stipules.

4. Inflorescences en cymes diversement associées. *Fl* régulières le plus souvent, de type 5.
2, **3**, 4 ou 5 *C*, avec autant de loges contenant chacune soit un ovule (cas général), soit plusieurs. Placentation axile.

5. Baie, drupe ou, plus rarement, capsule. Graines à albumen.

6. La famille comprend notamment les Sureaux *(Sambucus)*, le Chèvrefeuille *(Lonicera)*, les Viornes *(Viburnum)* renfermant des substances résineuses : *viburnine, mannitol.*

● *Famille des Adoxacées.* Une seule espèce, *Adoxa moschatellina,* petite plante herbacée.

● *Famille des Valerianacées.*

Valerianacées : 10 *g*, 400 *e*

1. Hémisphère nord (régions tempérées et froides); Andes.

3. Herbacées, rarement arbustes ou lianes. Annuelles ou vivaces; souches souvent tuberculeuses; feuilles opposées dépourvues de stipules.

4. Inflorescences : cymes pouvant se réduire et leurs éléments se grouper alors en fausses ombelles (exemple : *Valeriana, Centranthus*) ou en faux capitules *(Valerianella)*.
Fl irrégulières : 5 *S* très petits, se développant souvent au cours de la fructification en une aigrette de soies qui aident à la dissémination du fruit. 5, 4 ou 3 *P* formant tube, présentant souvent une bosse ou un éperon à la base, le sommet étant plus ou moins lobé ou divisé en deux lèvres. De 1 à 4 *É*. 3 *C*, donc 3 loges, mais un seul carpelle est fertile (il contient un seul ovule).

5. Akène. Graines sans albumen.

6. La Valériane (genre *Valeriana*) contient des substances fébrifuges : *Valeriana officinalis* (Valériane officinale) est aussi appelée Herbe-aux-chats; *Valerianella* est le genre auquel appartient la Mâche (consommée en salade).

Famille des Dipsacacées.

Dipsacacées : 10 *g*, 200 *e*

1. Régions tempérées et froides; surtout Méditerranée.

3. Plantes herbacées; feuilles opposées, dépourvues de stipules. Tige et nervures parfois garnies d'aiguillons.

4. Inflorescences: les cymes font place à des capitules entourés d'un involucre de bractées.
Fl plus ou moins irrégulières; un calicule enveloppe l'ovaire au sommet duquel se trouvent 5 ou 4 *S*, 5 ou 4 *P*, formant corolle en tube, plus ou moins à deux lèvres. 4 *É* souvent inégales (anthères non soudées) et 2 *C* dont un seul se développe et renferme un ovule épitrope.

5. Akène enveloppé par le calicule et par le calice. Graines à albumen.

6. Voir *Annexe systématique.*

● *Famille des Loganiacées.*

Loganiacées : 30 *g*, 400-500 *e*

1. Régions tropicales.

2. Éocène supérieur.

3. Arbres, arbustes, plus rarement herbes; parfois lianes. Feuilles opposées, simples, pourvues en général de stipules.

4. *Fl* régulières, de type 5, moins souvent de type 4. 2 *C*, d'où 2 loges renfermant chacune de nombreux ovules apotropes; ovaire supère.

5. Capsule, baie ou drupe. Graines aplaties ou ailées, albuminées.

6. Espèces toxiques : *Spigelia marylandica* (Œil et de la Caroline), *Gelsemium sempervivens* (Amérique du Nord) ou Jasmin de la Caroline (contient de la *gelsémine* et d'autres alcaloïdes). Le genre *Strychnos* (Vomiquier) qui pousse dans les zones chaudes du Vieux Monde comprend *Strychnos nux-vomica* (Noix vomique), qui contient de la strychnine et de la brucine dans tous ses organes; l'écorce constitue la fausse Angusture. *Strychnos potatorum* a des graines dépourvues d'alcaloïdes. *St. ignatis* (Fève de saint Ignace) est très toxique (3,2 % de strychnine), *St. toxifera* et *St. castelnæi* sont des lianes américaines : de leurs racines et de leurs écorces on extrait le *curare.*

Le phylum 6.

Ce phylum comprend deux ordres : les Contortales et les Tubiflorales (ou Tubiflores), qui sont toutes des plantes Gamopétales (à pétales soudés) à ovaire supère. Ce sont deux lignées parallèles issues d'une même souche.

Ordre des Contortales.

● *Généralités.* Ce sont des plantes à fleurs régulières (le plus souvent), à corolle habituellement tordue (d'où leur nom de *Contortées*), avec 5 étamines, 5 carpelles pluri-ovulés, un disque à nectar à la base de l'ovaire et des feuilles généralement opposées, simples et dépourvues de stipules. L'ordre groupe 4 familles : les Gentianacées, les Ményanthacées, les Apocynacées et les Asclépiadacées. Ces familles peuvent être étudiées par couples, car elles sont deux à deux très voisines.

● *Les familles de Contortales.* Elles sont décrites dans le tableau page suivante.

Ordre des Tubiflorales (ou Tubiflores).

● *C'est un très grand groupe,* comportant 26 familles (d'après Emberger), plus une famille annexe. Les fleurs des Tubiflorales sont constituées de 4 verticilles (cercles) de pièces et sont pratiquement toujours du type 5. Le nombre de leurs étamines tend à diminuer, celui des carpelles est presque toujours égal à 2; les ovules n'ont qu'un tégument et leur nucelle est de petite taille. Les Tubiflorales les moins évoluées ont une fleur régulière, les autres une fleur irrégulière *(zygomorphe)*.

La systématique de cet ordre est délicate. Certains botanistes l'ont fait exploser en plusieurs ordres, mais Emberger, dans son *Traité,* ne trouve pas suffisamment d'individualité à ces ensembles pour en faire des ordres distincts. Nous avons donc cité dans l'*Annexe systématique* les 26 familles sans les grouper.

● *Famille des Convolvulacées.*

Convolvulacées : 50 *g*, 1200 *e*

1. Cosmopolites, principalement Asie et Amérique tropicales.

2. Oligocène.

3. Plantes herbacées ou arbustes, généralement à tige volubile, sans vrilles. Existence de canaux à latex.

4. Les 2 *C* contiennent chacun 2 ovules apotropes.

5. Le plus souvent : capsule.

6. La famille comprend le genre *Ipomœa* qui fournit la Patate douce, racine tubéreuse riche en amidon, cultivée dans toutes les régions chaudes du globe et qui est un légume succulent (on le cuit sous la cendre). De nombreuses racines de Convolvulacées sont médicinales (purgatives) : notamment celles des Jalaps (genre *Exogonium*). Les Cuscutes (genre *Cuscuta*) sont parasites de nombreuses Angiospermes et provoquent des dégâts dans les cultures de Luzerne, de Lin, de Trèfle ; leurs tiges s'enroulent autour de l'hôte dans lequel elles enfoncent des suçoirs.

● *Famille des Boraginacées.*

Boraginacées : 100 *g*, 2000 *e*

1. Cosmopolites, mais absentes des régions froides ; deux régions principales : Méditerranée et sud-ouest des États-Unis.

2. Crétacé supérieur.

3. Plantes herbacées annuelles ou vivaces (par leur rhizome) ; rarement arbustives ou arborescentes (ces dernières dans les régions tropicales), couvertes de poils rudes formés par l'épiderme.

4. Inflorescences caractéristiques : cyme bipare devenant cyme unipare scorpioïde. *Fl* régulières, assez rarement irrégulières. 5 *S* + 5 *P* (portant souvent, du côté interne, des écailles ou autres pièces formant une couronne, ou encore des poils). 5 *É* + 2 *C*, d'où 2 loges renfermant chacune 2 ovules épitropes ; ces 2 loges, en général, sont subdivisées par une « fausse cloison » de sorte que l'ovaire a normalement 4 loges. Le style débute souvent à la base de l'ovaire. Sous l'ovaire : disque à nectar.

5. Drupe ou ensemble de 4 akènes. Une partie du réceptacle peut rester collée à l'akène, formant une petite protubérance qui attire les Fourmis. Graines à embryon droit.

6. 5 sous-familles (voir *Annexe systématique*). Genres ou espèces ayant une utilité économique : *Sebesten myxa* (Asie, Égypte), fruit comestible ; certaines espèces de *Sebesten* donnent des bois précieux ; *Heliotropium* (250 espèces) : plantes ornementales ; *Cynoglossum officinale* et *Borago officinalis* (Bourrache) sont des plantes médicinales.

● *Famille des Solanacées.*

Solanacées : 90 *g*, 2500 *e*

1. Régions tropicales et tempérées ; nombreux genres en Amérique.

2. Éocène inférieur.

3. Herbes annuelles, bisannuelles ou vivaces ; arbustes, parfois lianes. Ce ne sont jamais des arbres.

4. *Fl* solitaires ou en cymes. Tendance à la zygomorphie (fleurs irrégulières) et à la diminution du nombre des étamines.
5 *S* + 5 *P* + 5 *É* alternant avec les *P* + 2 *C*.
Les *C* sont placés obliquement par rapport au plan de symétrie de la fleur et renferment de nombreux ovules anatropes ou légèrement campylotropes, sur des placentas volumineux.

5. Baie ou capsule. Graines à albumen ; embryon droit ou courbe.

6. On répartit les Solanacées en 4 groupes :
— embryon fortement recourbé, ovaire à 3-5 loges : Nicandrées (une espèce au Pérou, *Nicandra physaloides* : culture ornementale) ;
— embryon courbe, ovaire à 2 ou 4 loges par développement des placentas : Solanées (dont la Belladone, le Piment, dont le fruit est le Poivron et dont une variété fournit le Paprika, l'Aubergine, les Pommes de terre, etc.) ;
— embryon droit (ou à peine courbe) avec 2-4 *É* fertiles : Salpiglossidées.
— idem, mais avec 5 *É* fertiles : Cestrées (comprenant notamment le Tabac et le Pétunia).

● *Compléments sur les Solanacées.*

— La plus célèbre des Solanacées est la Pomme de terre. Ce légume était cultivé en Amérique du Sud (Bolivie, Équateur, Pérou, Colombie) depuis le IIe siècle apr. J.-C. ; les Espagnols l'ont découverte (1537) et l'ont introduite en Espagne vers 1570. L'espèce cultivée en Europe a été décrite par Gaspar Bauhin (1596) qui la baptisa *Solanum tuberosum*. Cultivée et consommée d'abord en Irlande et en Italie, elle n'est devenue un légume adopté en France qu'au milieu du XVIIIe siècle (Parmentier). En fait, les Pommes de terre de cette époque se prêtaient mal à une culture de caractère mondial, car on ignorait la biologie de cette plante et ce n'est qu'au XIXe siècle que les botanistes ont étudié les souches des Pommes de terre sauvages. On a ainsi constaté qu'il existait en Amérique des Pommes de terre spontanées résistant à de nombreux parasites, vivant dans des conditions climatiques très diverses (certaines espèces résistent à des températures de l'ordre de — 10 °C). On connaît actuellement une vingtaine d'espèces-souches de Pommes de terre cultivées : *Solanum demissum* résiste au parasitisme de *Phytophtora* ; *S. acutilobum* résiste à de fortes gelées ; *S. andigenum* est riche en protides ; d'autres espèces peuvent être cultivées dans des régions à hivers doux, etc. Les variétés sud-américaines sont beaucoup plus nombreuses et beaucoup plus diverses que les Pommes de terre européennes (elles sont aussi plus riches en éléments nutritifs et plus succulentes). On a notamment remarqué que la plupart des Pommes de terre sauvages vivent dans des régions où le jour ne dépasse jamais 12 heures, du moins pendant leur période de croissance, c'est-à-dire pendant que se constituent les tubercules (ce sont des *plantes de jours courts*). Ces espèces, introduites en Europe, n'ont pu être acclimatées (c'est le cas de *Solanum goniocalyx*, une Pomme de terre succulente du Pérou). Par contre *Solanum tuberosum*, originaire du Chili méridional, est une espèce à jours longs ; elle s'est bien acclimatée en Europe. Signalons enfin que les premières espèces qui furent cultivées (en Espagne, notamment) étaient sans doute voisines de *Solanum tuberosum* : il s'agissait de *S. andigenum*, qui s'était mal acclimatée à l'Europe. La Pomme de terre contient 15 % d'amidon (élément nutritif) et un alcaloïde toxique, la *solanine*, détruit par la cuisson. Le genre *Solanum* ne comprend pas que des Pommes de terre ; parmi les 2 000 espèces qui le composent, citons encore : *S. melongena* (Aubergine), *S. dulcamara* (Douce-amère ; tige officinale donnant de la solanine et des acides spécifiques).

— D'autres Solanacées fournissent des légumes qui appartiennent aux habitudes alimentaires humaines : *Capsicum annuum* est le Piment doux ; *Capsicum frutescens* est le Piment de Cayenne ; le genre *Lycopersicum* est la Tomate ; la Tomate cultivée est *Lycopersicum esculentum* (espèce dont la souche sauvage semble difficile à connaître).

— Certaines Solanacées comportent des principes très actifs, d'où leur utilisation pharmaceutique. *Atropa belladona* (Belladone) comprend dans toutes ses parties de l'atropine, de l'hyoscyamine, de l'atropamine, etc. : c'est un stupéfiant, narcotique, très toxique ; *Hyoscyamus* (Jusquiame) contient des alcaloïdes toxiques (hyoscyamine, scopolamine) ; il en est de même pour les genres

Les familles des Contortales.

	Gentianacées 70 *g*, 800-900 *e*	**Menyanthacées** 5 *g*, 30 *e*	**Apocynacées** 300 *g*, 1300 *e*	**Asclepiadacées** 200 *g*, 2000 *e*
1.	Cosmopolites.	Pratiquement cosmopolites.	Régions tropicales ; peu nombreuses dans les régions tempérées.	Régions tropicales ; peu nombreuses dans les régions tempérées.
2.			Crétacé supérieur.	Oligocène.
3.	Plantes herbacées, feuilles opposées.	Plantes herbacées, feuilles alternes.	Herbes, lianes ; plus rarement arbustes ou arbres. Des laticifères (canaux à latex).	Herbes ou arbustes, lianes ; rarement arbres ; certaines espèces ressemblent à des Cactus. Des laticifères.
4.	*Fl* solitaires, en cymes ou en grappes. Cymes bipares souvent caractéristiques. 5 *S* + 5 *P* + 5 *É* + 2 *C*. Ovaire généralement à 1 loge et à placentation pariétale (ce qui est rare chez les Gamopétales).	Analogues aux Gentianacées.	Inflorescences : cymes. *Fl* : 5 *S* (portant souvent des pièces à nectar, formant calicule, du côté interne) + 5 *P* + 5 *É* (l'anthère peut avoir la forme d'un fer de lance) alternant avec les *P* + 2 *C* (non soudés à la base).	Inflorescences : cymes ou grappes. *Fl* : 5 *S* + 5 *P* + 5 *É* + 2 *C* (non soudés à la base). Une sorte de corolle supplémentaire (la *couronne*), formée de pièces libres ou soudées, apparaît souvent soit à partir des *P*, soit à partir des *É*. Les anthères des *É*, souvent soudées par leurs filets, sont accolées au stigmate, formant une pièce appelée *gynostème* (voir aussi Orchidées). Le pollen est souvent aggloméré en *pollinies*, comme chez les Orchidées. Les *É* sont mûres avant les *C*. L'organisation des *É* et des *C*, très particulière, est spéciale aux Asclepiadacées ; elle est en rapport avec la pollinisation par les Insectes.
5.	Capsule. Graines à albumen charnu.	Capsule. Se distinguent des Gentianacées par le développement différent de l'embryon.	Fruits divers.	Follicules.
6.	Le genre le plus important est celui de la Gentiane *(Gentiana)* qui comprend 600 espèces, presque toutes sur l'hémisphère nord. Certaines espèces sont recherchées pour leurs propriétés médicinales (toniques, fébrifuges). *Gentiana lutea* (Grande Gentiane) renferme dans son rhizome et ses racines de la *gentiopicrine* et des sucres (gentianose).		C'est la famille des Pervenches (genre *Vinca*) dont certaines contiennent un alcaloïde, la vincamédine *(V. difformis)*, et du Laurier-rose (genre *Nerium*). Le latex des Apocynacées permet de fabriquer du caoutchouc et celui de certaines espèces est exploité (*Landolphia*, *Clitandra*, etc.). La richesse des Apocynacées en substances actives (alcaloïdes, etc.) explique qu'elles aient un grand intérêt en médecine : une espèce du genre *Strophanthus* (50 espèces surtout africaines).	Intérêt économique restreint. Certaines Asclépiadacées sont caoutchifères ; d'autres ont des tubercules comestibles. Écorces apéritives (*Marsdenia condurango*, de l'Amérique tropicale, fournit l'*écorce de condurango*) ; *Marsdenia tinctoria* donne de l'indigo.

Scopolia (atropine, hyoscyamine), *Datura* (atropine, hyoscine, hyoscyamine), *Duboisia*.

— *Nicotiania* est le Tabac dont on connaît 75 espèces et de très nombreuses variétés, races, etc. Cette plante, qui peut atteindre 2 m de haut, contient un alcaloïde : la nicotine. Le Tabac a été introduit par les Espagnols au XVIe siècle; son usage (tabac à priser) s'est répandu vers 1560 (l'ambassadeur de France à Lisbonne, Jean Nicot, envoya à Catherine de Médicis de la poudre de tabac à priser pour soigner ses migraines). Considéré comme une drogue néfaste, le tabac fut interdit dans plusieurs États (les fumeurs de tabac ont été excommuniés par le pape Urbain VIII, 1568-1644; ce pape s'est aussi signalé par la condamnation de Galilée, 1633, et de l'*Augustinus* du théologien Jansénius, 1643). Vers la fin du XVIIe siècle, le tabac — « l'herbe à Nicot » — était entré dans les mœurs. En France, Colbert fit du traitement et de la fabrication du tabac une *ferme royale*. Les principales espèces utilisées pour la production du tabac sont *Nicotiania tabacum* (Amérique du Sud) et *Nicotiania rustica* (Amérique centrale et Amérique du Sud).

● *Famille des Labiées.*

Labiées : 200 *g*, 4 000 *e*

1. Cosmopolites, particulièrement nombreuses dans les régions méditerranéennes.
2. Oligocène.
3. Herbes annuelles ou vivaces, rarement arbustes, exceptionnellement arbres. La tige a une section plus ou moins carrée. Les feuilles, opposées, simples, ont, dans les régions méditerranéennes (climat sec), une surface réduite et sont coriaces, épaisses, poilues (les poils, sécréteurs d'essences, sont caractéristiques).
4 Inflorescences : cymes plus ou moins condensées; *Fl* rarement solitaires. *Fl* irrégulières, ayant typiquement une corolle à 2 lèvres (bilabiée). 5 *S* soudés, formant un calice plus ou moins bilabié, persistant généralement autour du fruit. 5 *P* soudés; la corolle présente en général une lèvre supérieure à 2 dents (formée par 2 *P*) et une lèvre inférieure à 3 dents (formée par 3 *P*); mais il y a des variations. 4 *E* : en général, 2 grandes et 2 petites; parfois seulement 2 *E*. 2 *C* formant un ovaire à 2 loges; mais celui-ci est subdivisé par des fausses cloisons et comporte finalement 4 loges contenant chacune 1 ovule apotrope (voir p. 98). Le style débouche au bas de l'ovaire.
5. Le fruit est un ensemble de 4 akènes soudés. Graines sans albumen.
6. De nombreuses Labiées produisent des essences recherchées : *Rosmarinus officinalis* (essence de Romarin); *Lavandula Vera* (essence de Lavande vraie), *L. latifolia* (essence d'Aspic); *Mentha piperata* (essence de Menthe poivrée); *Ocimum basilicum* (essence de Basilic); *Pogostemon patchouli* (essence de Patchouli); etc. Beaucoup sont ornementales. Les tubercules de *Stachys siebaldii* (Crosne du Japon) sont comestibles.

● *Compléments sur d'autres Tubiflorales.*

Parmi les Verbénacées, famille de plantes essentiellement tropicales, on connaît en France *Verbena officinalis* (la Verveine); la Verveine des pharmaciens *(Lippia citriodore)* est originaire d'Amérique du Sud. Le Teck est une Verbénacée.

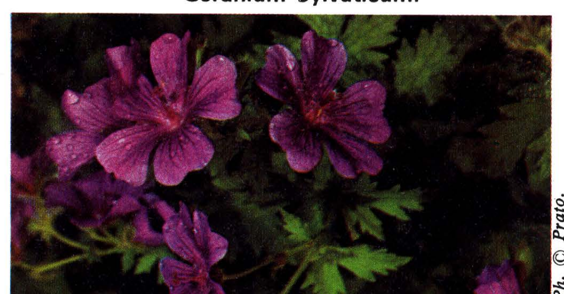
Parmi les autres familles, on trouve les Orobanches (Orobanchacées), qui parasitent les racines de plantes à fleurs. La famille des Lentibulariacées réunit des plantes insectivores comme *Pinguicula* (Grassettes), *Utricularia* (Utriculaires). Les feuilles immergées des Utriculaires sont découpées et portent de petites urnes fermées par un clapet qui s'ouvre lorsqu'on appuie sur les dents qu'il porte; dans l'urne, des poils absorbent l'eau, créant une dépression; de ce fait, lorsqu'une proie, attirée par les glandes à nectar situées au sommet de l'urne, vient à provoquer l'ouverture du clapet, elle se trouve aspirée dans le piège.

Phylums 7 et 8.

Phylum 7.

Ce phylum ne compte qu'un ordre, les Pandales, avec une seule famille (Pandacées), un seul genre et une seule espèce : *Panda oleosa*, qui vit en Afrique occidentale tropicale. Les Pandales sont des Dialypétales disciflores qui se rapprochent à la fois des Géraniales, des Térébinthales et des Célastrales-Rhamnales. L'unique espèce connue est un arbre à feuilles alternes, simples, avec stipules caduques.

Geranium Sylvaticum.



Ph. © Prato.

Phylum 8.

Il ne compte aussi qu'un seul ordre, les Cnéorales, avec une famille (Cnéoracées), un seul genre *(Cneorum)* représenté par 3 espèces (2 dans la région méditerranéenne dont, en France, *C. tricoccum*, et une à Cuba). Ce sont de petits arbustes, à feuilles coriaces sans stipules, alternes et qui ont des traits appartenant aux Géraniales.

Phylum 9.

Il ne comprend qu'un ordre, celui des Ébénales, avec une demi-douzaine de familles. Il s'agit de plantes Gamopétales à ovaire supère.

Généralités sur l'ordre.

Les plantes de cet ordre, dont certaines fournissent des bois précieux (les *bois d'Ébène*), étaient considérées dans les classifications classiques comme des Gamopétales primitives. Dans la classification d'Emberger, elles constituent un phylum indépendant au voisinage des Térébinthales. Les familles réunies dans cet ordre sont assez nettement apparentées.

Dans l'ensemble, les Ébénales ont des fleurs de type 4 ou 5, un nombre variable d'étamines, insérées sur la corolle, 4 ou 5 carpelles formant un ovaire pluri-loculaire, à placentation axile. Ce sont toutes des plantes ligneuses, tropicales. Leur bois est très dur; elles ont fréquemment des cellules sécrétrices. Nous n'étudierons ici que les familles principales; pour les autres, voir l'*Annexe systématique*.

Les familles d'Ebenales.

	Ébénacées 6 *g*, 300-400 *e*	Sapotacées 40-50 *g*, 600 *e*	Styracacées 8 *g*, 120 *e*
1.	Régions tropicales.	Régions tropicales; quelques-unes dans certaines régions tempérées chaudes.	Dispersées dans certaines régions d'Amérique, d'Afrique et d'Asie.
2.	Cénomanien.	Crétacé supérieur.	Éocène.
3.	Arbres (ou arbustes) à feuilles simples, généralement alternes. Pas de laticifères.	Arbres à feuilles simples, alternes. Des laticifères.	Arbres à feuilles simples, alternes. Des altérations tissulaires locales sont à l'origine de la production de *baumes*.
4.	*Fl* généralement unisexuées. Ovaire divisé en loges dont les parois vont jusqu'au sommet. 1 ou 2 ovules par loge. Plusieurs styles.	*Fl* ⚥ en général. Ovaire divisé en loges dont les parois vont jusqu'au sommet. Un ovule par loge. Un seul style.	*F* ⚥, rarement unisexuées. Ovaire divisé en loges dont les parois n'atteignent pas le sommet (5-3 loges en bas, une seule en haut). Nombre d'ovules variable. Un seul style.
5.	Graines à albumen corné.	Graines à albumen charnu.	Graines à albumen charnu.
6.	Voir *Annexe systématique*.	Voir *Annexe systématique*.	Voir *Annexe systématique*.

Les principales familles d'Ebenales.

Renseignements complémentaires : intérêt économique des Ebenales.

Toutes les Ébénacées fournissent des bois précieux (bois d'Ébène), très durs, lourds, habituellement noirs. Le genre fournisseur d'Ébène est *Diospyros* (nom vulgaire : Plaqueminier); on en connaît plus de 200 espèces, surtout intertropicales. Les bois d'Ébène sont généralement noirs; mais il en existe aussi des rouges *(Diospyros rubra)*, des verts *(Diospyros chloroxylon)*, des bariolés *(Diospyros hirsuta*, Asie du Sud-Est) et même des bois d'Ébène blancs *(Diospyros chryophyllos)*. Les Ébènes les plus estimés proviennent d'Afrique équatoriale, d'Asie tropicale, de Madagascar et de l'île Maurice. Le fruit de *Diospyros kaki* est comestible.

Beaucoup de Sapotacées sont des arbres à « bois de fer ». Les fruits de plusieurs genres sont comestibles (les arbres sont cultivés sous les tropiques) ; le genre *Argania* donne des graines riches en matières grasses (huile d'Argan). Enfin les Sapotacées fournissent la gutta-percha *(Palaquium gutta)* ; l'espèce antillaise *Mimusops balata* fournit un produit utilisé dans la fabrication du *balatum*. Signalons enfin que le latex d'*Achras sapota* (Sapotilier) est la matière première du chewing-gum.

Chez les Styracacées, le genre *Styrax* fournit, par incision, le *Baume storax (Styrax officinalis)*, le Benjoin de Sumatra *(Styrax benzoin)*, résine aromatique utilisée parfois comme antiseptique, et le Benjoin de Siam *(Styrax tonkinense)*.

Phylum 10.

Il comprend 2 ordres de Dialypétales : les Malvales (thalamiflores) et les Géraniales (disciflores). On décèle dans ce phylum une tendance vers le type gamopétale.

Ordre des Geraniales.

● *Généralités*. Les Geraniales (Gruinales) constituent un ordre très homogène. Ce sont des plantes herbacées, en très grande majorité, caractérisées par leur obdiplostémonie (voir la définition de ce terme p. 85). Leur appareil sécréteur est réduit à des glandes isolées. Dans leurs fleurs (de type 5), les ovules sont épitropes. L'ordre comprend 10 familles; les Géraniacées, les Tropæolacées, les Oxalidacées et les Limnanthacées sont les Géraniales au sens strict; les autres sont parfois réunies sous la rubrique « Malpighiales ».

● *Les principales familles de Geraniales.*

— Les Geraniales au sens strict : elles sont décrites sur le tableau ci-dessous.

Les familles de Geraniales au sens strict.

	Geraniacées 12 *g*, 800 *e*	Tropæolacées 2 *g*, 100 *e*	Oxalidacées 7-8 *g*, 1 000 *e*
1.	Cosmopolites; surtout régions tempérées.	Amérique du Sud.	Régions tropicales; le genre *Oxalis* existe en France.
2.	Oligocène.		
3.	Plantes herbacées ; rarement : arbustes ou lianes. Feuilles souvent alternes, fréquemment composées, généralement pourvues de stipules. Poils sécréteurs (essences).	Plantes herbacées ou lianes. Feuilles souvent peltées.	Plantes herbacées, dont les feuilles ont souvent 3 folioles.
4.	Inflorescences : cymes. *Fl* régulières ou peu irrégulières. 10 *E* libres ; (obdiplostémonie) glandes à la base des filets. 5 *C* bi-ovul. Glandes à nectar sur le réceptacle.	*Fl* irrégulières; calice à éperon. 8 *E* (2 *E* ont avorté). 3 *C*.	5 carpelles.
5.	Akènes groupés, séparés par des languettes qui se détachent du style à maturité (elles s'enroulent sous l'influence des variations d'humidité).		Graines à albumen.
6.	*Geranium* (plus de 300 e), les Géraniums cultivés sont, en fait, des *Pelargonium*. L'essence de Géranium rosat est extraite des feuilles et des tiges de certains *Pelargonium* des régions chaudes (c'est un succédané de l'essence de Rose véritable).	*Tropæolum* est la Capucine (100 *e* environ). La Capucine cultivée est *Tropæolum majus* (couleur jaune). Les boutons peuvent servir de câpres (condiment).	Voir *Annexe systématique*.

LES MALVALES : LE TILLEUL ET LE COTON

— Autres familles de Geraniales :

	Linacées : 10 *g*, 200-300 *e*	Erythroxylacées : 3 *g*, 200 *e*	Malpighiacées : 60 *g*, 1000 *e*	Zygophyllacées : 30 *g*, 250 *e*
1.	Cosmopolites : absentes des régions froides.	Régions chaudes.	Régions tropicales.	Régions tropicales et chaudes.
2.	Éocène inférieur.		Crétacé supérieur.	Tertiaire.
3.	Plantes herbacées (Europe), arbustes. Feuilles simples.	Arbres ou arbustes.	Plantes pourvues de poils caractéristiques (appelés « poils malpighiens »).	Arbres ou arbustes ; rarement herbacées.
4.	Inflorescences : cymes ou grappes. *Fl* régulières. 10 *É*, 5 *C*.	A la base des *P*, les ligules forment une couronne. 10 *É* soudées plus ou moins en un tube ; 3 *C*.	*Fl* à plan de symétrie oblique. 10 *É* généralement soudées en un tube ; 3 *C*.	*Fl* régulières. Un disque à nectar (différence avec les Geraniales proprement dites).
5.	Capsule. Graines à albumen.	Drupe. Graines à albumen.	Graines sans albumen.	Généralement une capsule.
6.	Le genre le plus connu est le Lin (*Linum*). *Linum usitatissimum* donne des fibres textiles. Des graines on extrait une huile siccative (la farine de Lin, faite avec ces graines, est utilisée pour les *cataplasmes*).	Les feuilles d'*Erythroxylon coca* (Pérou, Colombie, Bolivie) fournissent la *cocaïne*, alcaloïde important.	Voir *Annexe systématique*.	Le harmel, remède à base d'alcaloïdes, populaire en Afrique du Nord, est *Peganum harmala* ; les espèces du genre *Guajacum* (Gaïac, Amérique tropicale) contiennent des saponines. De *G. officinale* on extrait la résine de Gaïac (réactif de chimie organique).

Les familles de Geraniales au sens large.

Cl. Jacques Dubois/Atlas photo.

Le Cotonnier (Gossypium) *: ce sont les poils de ses graines qui constituent le* coton.

Ordre des Malvales.

Ce sont des Dialypétales Thalamiflores, apparentées aux Geraniales et possédant des affinités avec les Euphorbiales. Leurs fleurs ont une organisation voisine de celle des Geraniales et les étamines ont tendance, comme chez les Euphorbiales, à se ramifier. Les carpelles de ces fleurs deviennent souvent des fruits secs, se séparant à maturité, alors que les carpelles sont soudés à l'origine, formant des *coques* semblables à celles des Euphorbiales.

Les Malvales ont aussi pour caractère essentiel : la tendance des étamines à se souder entre elles pour former un tube au sommet duquel se trouvent les anthères (d'où leur nom de Columnifères, plantes portant une petite colonne). Ce tube, ou les faisceaux d'étamines dans le cas de soudure incomplète, entoure le pistil. Fondamentalement, les étamines sont disposées en deux cercles (diplostémonie) : celles du verticille (cercle) externe disparaissent généralement ou deviennent des *staminodes* (pièces stériles) ; celles du verticille interne présentent la tendance à la ramification, qui a été signalée plus haut.

Parmi les 8 familles de l'ordre, 4 sont très proches : les Malvacées, les Bombacées, les Tiliacées et les Sterculiacées. Voici comment on peut les distinguer :

Fleurs	Production de gomme	Étamines	Familles
Fl ⚥	Cellules et poches à gommes	*É* non soudées par leurs filets. Anthère à 2 loges.	***Tiliacées***
		É groupées en faisceaux ou, plus souvent, en un tube. Anthère à une loge.	***Malvacées Bombacées***
Fl souvent unisexuées et polygames.	Canaux à gommes	*É* toutes soudées entre elles par leurs filets. Anthère à 2 loges.	***Sterculiacées***

● *Les principales familles de Malvales.* Elles sont décrites sur le tableau ci-contre.

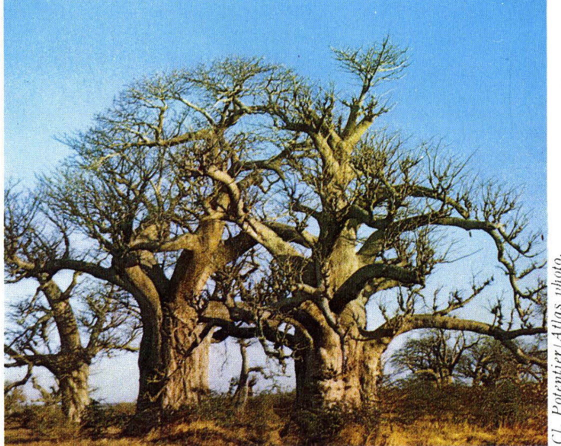
● *Compléments sur les Malvales.*

— Certaines Tiliacées du genre *Corchorus* produisent des fibres qui donnent des *jutes* (textile grossier ; le mot dérive du bengali *jhuto*). Le Tilleul (genre *Tilia*) correspond à 10 espèces dont *Tilia argentea* (Tilleul argenté, Europe orientale) et 3 espèces françaises (*T. platyphyllos, T. intermedia, T. parvifolia*). Le bois des Tiliacées est souvent extrêmement léger ; certaines espèces donnent des bois précieux.

— La plus importante des Malvacées — du point de vue humain, du moins — est sans aucun doute le Cotonnier (genre *Gossypium*). C'est une herbe ou un arbuste dont les graines, contenues dans une capsule, sont couvertes de longs poils soyeux, essentiellement constitués de cellulose, et dont on fait le coton. On en connaît de très nombreuses espèces et d'innombrables variétés culturales. On distingue les Cotonniers à longues soies (de l'ordre de

	Tiliacées : 40 *g*, 400 *e*	Malvacées : 80 *g*, 1 500 *e*	Bombacées : 22 *g*, 150 *e*	Sterculiacées : 50 *g*, 1 000 *e*
1.	Régions tropicales essentiellement.	Cosmopolites (essentiellement : régions tempérées et chaudes).	Régions tropicales.	Régions tropicales (surtout de l'hémisphère sud).
2.	Crétacé supérieur.	Crétacé.	Crétacé.	Crétacé inférieur.
3.	Arbres ou arbustes ; rarement des herbes.	Plantes herbacées ; plus rarement : arbres ou arbustes. Feuilles alternes, à stipules caduques.	Arbres parfois très gros (Baobab).	Le plus souvent : arbres.
4.	Pas de calicule de bractées (différence avec les Malvacées).	Un calicule formé par des bractées. Réceptacle floral assez souvent développé en une sorte de colonne qui porte le cercle des carpelles. Formule florale : 5 *S* + 5 *P* à onglet court + ∞ *É* (groupées en un ou plusieurs faisceaux) + 1 à ∞ *C*.		Les fleurs se forment assez souvent jusque sur le tronc de l'arbre. Formule : 5 *S* (soudés à la base) + 5 *P* (quelquefois absents) + 1 verticille de staminodes (= É stériles) + 1 verticille d'*É* (tube ou faisceaux d'É) + 5 *C* (quelquefois 3).
5.	Capsule.	Série d'akènes réunis, si les *C* contiennent chacun un seul ovule ; ou capsule, si les *C* contiennent plusieurs ovules (cette capsule se fragmente en autant de coques que de carpelles).		Follicules, si les *C* ne sont pas soudés ; capsule ou drupe coriace dans le cas contraire.
6.	Voir texte.	Voir texte.	Voir texte.	Voir texte.

Les principales familles de Malvales.



Cl. Potentier/Atlas photo.



Baobabs (Bombacées)... et leurs fleurs.



Cl. de Latil/Atlas photo.

Graines exalbuminées de Theobroma cacao *(Cacaoyer) : 15 à 20 cm de long, 10 cm de large.*

5 cm) comme *Gossypium barbadense* (Nouveau Monde) et *Gossypium arboreum* (Vieux Monde), à soies moyennes (3,8 cm), comme *Gossypium hirsutum* (Nouveau Monde) et à soies courtes (2,5 cm) comme *Gossypium herbaceum* (Vieux Monde). La fibre dégraissée est le *coton hydrophile ;* la graine contient une huile comestible, demi-siccative. Les autres Malvacées d'utilisation courante sont les Mauves (genre *Malva*, hémisphère nord tempéré) dont les fleurs sont médicinales, et les Guimauves (genre *Althæa*) dont les racines sont utilisées en médecine. Il existe enfin des Malvacées ornementales (*Hibiscus*, etc.).

— Les Bombacées comprennent notamment les Baobabs (genre *Adansonia*) qui habitent les régions chaudes de l'Asie, de l'Afrique, de l'Australie et de Madagascar. Le Baobab n'est pas un arbre très élevé (la hauteur du tronc ne dépasse guère 9 à 10 mètres), mais sa croissance en épaisseur est considérable (le tronc peut atteindre 20 mètres de circonférence environ). Les branches des Baobabs sont très longues et leur poids les fait incliner jusqu'au sol. Le bois du Baobab est très peu résistant; les fruits (pain de singe), de la grosseur d'une orange, étaient autrefois utilisés en pharmacie sous le nom de *terre de Lemnos*. Le Kapokier (genre *Bombax*) a des fruits dont l'endocarpe est porteur de poils, constituant le *kapok* (léger, très peu hydrophile, non tissable).

— La famille des Sterculiacées est étendue (voir classification dans l'*Annexe systématique*). *Theobroma cacao* est le Cacaoyer, originaire d'Amérique tropicale. Son fruit (une drupe), coriace, est la *cabosse*, qui peut se former directement sur le tronc de l'arbre; elle contient 20 à 40 graines dont les cotylédons sont riches en matières grasses (on en tire jusqu'à 50 % de *beurre de cacao*). Les graines renferment aussi des protides et de la cacaonine.

Le genre *Cola* (Colatier) pousse en Afrique tropicale. *Cola nitida* et quelques autres espèces fournissent la *noix de Cola* (tonicardiaque; apaise la faim et la soif).



Cl. G. Boutin/Atlas photo.

Le Kapokier (Bombax) *a des fruits poilus (kapok; fibre non tissable). Cet arbre intertropical est de la même famille que le Baobab* (Andansonia).

Phylum 11.

Ce phylum se compose d'un seul ordre, celui des Tricoques (= Euphorbiales) qui sont des Dialypétales Thalamiflores, dont la principale famille est celle des Euphorbiacées (8 000 à 10 000 espèces).

Généralités sur l'ordre.

Des 4 familles qui le constituent (Euphorbiacées, Daphniphyllacées, Dichapétalacées, Lophopyxidacées), nous ne retiendrons ici que la première, de beaucoup la plus importante (pour les autres, voir l'*Annexe systématique*).

Les Euphorbiales sont aussi appelées Tricoques parce que leur fruit, une capsule, se fragmente à maturité en trois *coques* (provenant chacune d'une loge de l'ovaire composé) : typiquement, le pistil est composé de 3 carpelles; l'ovaire est à placentation axile. Les fleurs sont presque toujours unisexuées, souvent apétales et même sans périanthe, et les graines habituellement caronculées.

La famille des Euphorbiacées.

Euphorbiacées: 300 *g*, 8 000-10 000 *e*

1. Largement cosmopolites; nombreuses en Amérique tropicale, en Indo-Malaisie; en France : 54 espèces réparties en 3 genres *(Euphorbia, Crozophora* et *Mercurialis)*.

2. Crétacé supérieur.

3. Extrême diversité des formes. Dans les régions tropicales : beaucoup d'arbres et d'arbustes; en Europe, ce sont surtout des plantes herbacées. Dans les régions désertiques, des espèces ressemblent à des Cactus en forme de cierge (phénomène de convergence, voir p. 37). Les feuilles sont variées. Présence de *laticifères* caractéristiques qui véhiculent un latex riche en amidon ou en caoutchouc.

4. Inflorescences et fleurs très diverses.

L'inflorescence typique est la *cyathe*. C'est une inflorescence qui a l'aspect d'une fleur : elle comprend une fleur femelle entourée de fleurs mâles, et ces fleurs sont dans un organe en forme de coupe formée par la soudure de 5 bractées; entre 2 bractées consécutives se trouve une glande qui peut prendre une apparence de pétale.

Les fleurs sont presque toujours unisexuées. Dans certains genres, le *périanthe* est représenté par un calice et une corolle; dans d'autres, la corolle disparaît (il reste alors 5 *S*, parfois 4, 3 ou 2); dans d'autres enfin, il n'y a plus de périanthe.

Les étamines sont à l'origine disposées par groupes; ou bien leur nombre est multiplié (jusqu'à plus de 1 000 étamines parfois, isolées ou en bouquets ramifiés), ou bien au contraire il est réduit (il n'existe plus qu'un ou deux verticilles d'étamines, libres ou soudées entre elles en une colonne); quelquefois ne subsiste plus qu'une seule étamine (Euphorbia).

Le caractère le plus constant est l'ovaire supère, à placentation axile, formé de 3 carpelles soudés (chacun renferme 1 ou 2 ovules). Sur le micropyle de l'ovule, un « obturateur » facilite le passage du tube pollinique.

5. Le fruit est tricoque (d'où le nom de l'ordre). Les 3 coques se séparent à maturité et s'ouvrent souvent brutalement.

6. Les Euphorbiacées se répartissent en 4 sous-familles conformément au tableau suivant :

Cotylédons	Ovules	Laticifères	Familles
Cotylédons plus larges que la radicule.	2 ovules par loge.	Absents.	***Phyllanthoidées.***
	1 ovule par loge.	Présents.	***Crotonoidées.***
Cotylédons étroits, aussi larges que la radicule.	2 ovules par loge.	Absents.	***Porantheroidées.***
	1 ovule par loge.	Présents.	***Ricinocarpoidées.***



Cl. Bordas/J.B.

Euphorbia myrsinites, *une Euphorbiacée ornementale.*

Pour les principaux genres et espèces, voir l'*Annexe systématique*. Les Euphorbiacées ont de nombreuses utilisations; nous avons indiqué les principales, qui font partie de la sous-famille des Crotonoïdées, dans la liste ci-dessous :

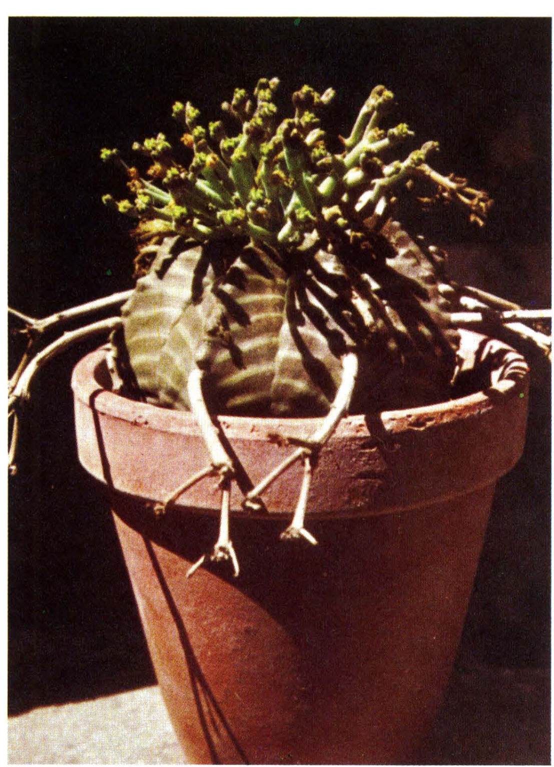
— Euphorbiacées alimentaires : *Manihot utilissima* est le Manioc, dont la fécule sert à la préparation du tapioca. On extrait des huiles à partir des graines d'*Aleurites triloba*, de l'Hévéa, du Ricin (genre *Ricinus*), de *Croton tiglium* (huile de Croton).

— Euphorbiacées à caoutchouc : *Hevea, Manihot, Mabea, Euphorbia, etc.*

Résine : *Euphorbia resinifera* (Maroc); sa résine est toxique et rubéfiante.

Matières diverses : *Sapium sebiferum* (Asie orientale, donne un suif végétal). *Crozophora tinctoria, Mallotus philippinensis* fournissent des matières colorantes. L'écorce de Cascarille *(Croton eluteria)* est médicinale; il en est de même de l'huile de Ricin, du Kamala (matière extraite de *Mallotus philippinensis*), etc.

— Plantes d'ornement: Euphorbes à faciès de Cactus.



Cl. Latis.

Euphorbia meloformis, *Euphorbiacée succulente (plante grasse) d'Afrique du Sud.*



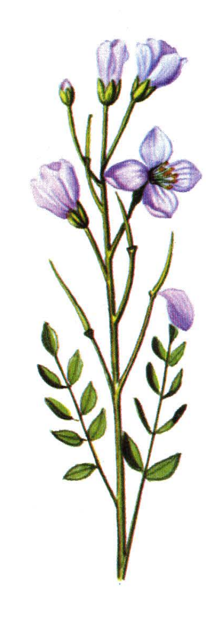
Hypericum quadrangulum :
Millepertuis tétragone
(Hypericacée)



Colchicum autumnale :
Colchique d'automne
(Liliacée)



Lychnis flos-cuculi :
Lychnis fleur-de-coucou
(Caryophyllacée)



Cardamine pratensis :
Cardamine des prés = Cresson des prés
(Crucifère)



Onobrychis sativa :
Sainfoin cultivé
(Papilionacée)



Briza media :
Brize intermédiaire = Langue-de-femme
(Graminée)



Lotus corniculatus :
Lotier corniculé
(Papilionacée)



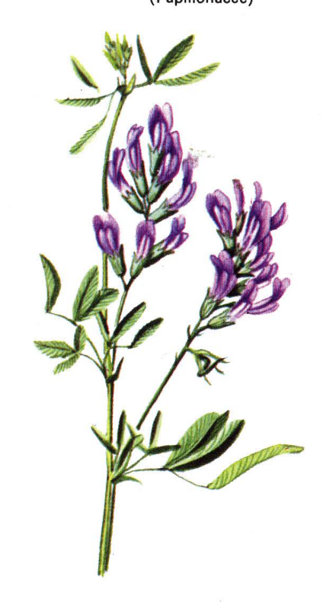
Ranunculus acris :
Renoncule âcre
(Renonculacée)



Orchis militaris :
Orchis guerrier
(Orchidacée)



Melandryum dioicum (= Lychnis dioica) :
Compagnon rouge
(Caryophyllacée)



Medicago sativa :
Luzerne cultivée
(Papilionacée)



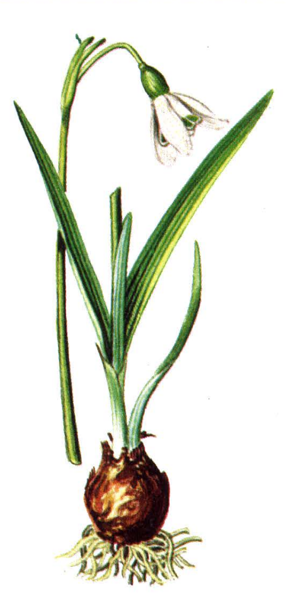
Aquilegia vulgaris :
Ancolie vulgaire
(Renonculacée)



Paris quadrifolia :
Parisette = Raisin de Renard
(Liliacée)



Ranunculus ficaria :
Ficaire fausse-Renoncule
(Renonculacée)



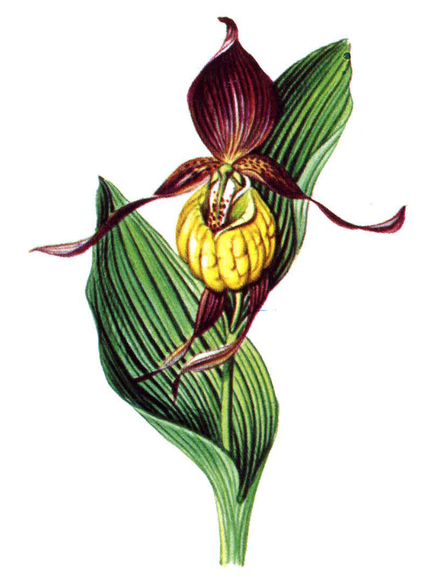
Galanthus nivalis :
Perce-neige
(Amaryllidacée)



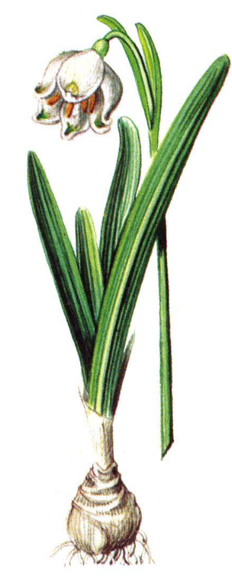
Allium ursinum :
Ail des Ours
(Liliacée)



Neottia nidus-avis :
Néottie nid-d'oiseau
(Orchidacée)



Cypripedium calceolus :
Sabot-de-Vénus
(Orchidacée)



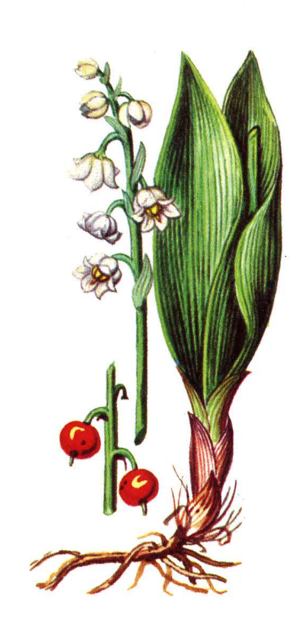
Leucoium vernum :
Nivéole du printemps = Perce-neige
(Amaryllidacée)



Arum maculatum :
Arum tacheté = Gouet = Pied de veau
(Aracée)



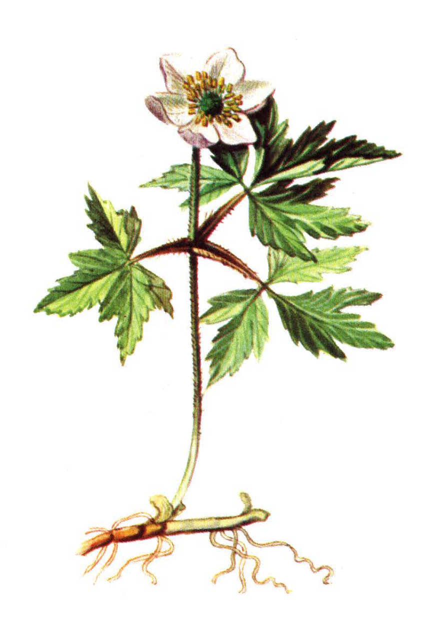
Anemone hepatica :
Hépatique à 3 lobes
(Renonculacée)



Convallaria maialis :
Muguet
(Liliacée)



Scilla bifolia :
Scille à 2 feuilles
(Liliacée)



Anemone nemorosa :
Anémone sylvie
(Renonculacée)

LES DICOTYLÉDONES DE LA LIGNÉE V.

Le cinquième groupe de Végétaux est très vaste ; il comprend 7 phylums (voir tableau de la p. 91), dont 3 phylums de Monocotylédones (phylums 13, 14 et 15) qui seront étudiés dans le chapitre suivant (le phylum 14 comprend cependant un ordre de Dicotylédones : les Pipérales, qu'on peut rapprocher de l'ensemble des Monocotylédones appelées Spadiciflores).

Phylum 12.

Ce phylum comprend 2 ordres, les Polycarpiques (Dialypétales thalamiflores) et les Aristolochiales (Apétales). Les deux ordres sont assez voisins.

Ordre des Polycarpiques.

● *Généralités.* Ce sont des plantes arborescentes, herbacées ou parfois des lianes ligneuses, à feuilles presque toujours alternes et comportant un nombre important de carpelles (d'où leur nom de Polycarpiques) toujours séparés, à quelques exceptions près. Le réceptacle est le thalamus typique (voir p. 82), en forme de cône ; il porte des pièces florales en nombre indéterminé, souvent important, et disposées en spirales (disposition qui reste nette au moins pour les étamines). Il n'est pas toujours possible de faire la distinction calice-corolle. Une telle fleur est considérée comme primitive ; elle représenterait même, selon beaucoup d'auteurs, le modèle archaïque de la fleur des Angiospermes.

● *Les familles de Polycarpiques.* Elles sont nombreuses, et leurs affinités souvent obscures. En voici leur répartition, selon Emberger. Il faut souligner que beaucoup de Polycarpiques ont des traits de Monocotylédones (avortement de la racine principale, fleurs de type 3, etc.) ; et inversement, certaines Monocotylédones ont des traits de Polycarpiques.

Présence de cellules sécrétrices dans les feuilles et la tige. Plantes plutôt arborescentes, feuilles du type Laurier.	***Magnoliacées, Winteracées, Schizandracées, Degeneriacées, Lactoridacées, Annonacées, Eupomatiacées, Lauracées, Myristicacées, Hernandiacées, Gomortegacées, Monimiacées, Austrobaileyacées.*** ***Menispermacées.***
Absence de cellules sécrétrices. Type herbacé dominant ; feuilles divisées.	***Berberidacées, Renonculacées, Circæastracées, Lardizabalacées, Sargentadoxacées.*** ***Cabombacées, Nymphæacées, Ceratophyllacées.***
Familles rattachées par Emberger à l'ordre des Polycarpiques.	***Himantandracées, Tetracentracées, Trochodendracées, Canellacées, Calycanthacées, Eupteleacées, Cercidiphyllacées.***

Les familles de Polycarpiques (selon Emberger).

Les principales familles sont étudiées ci-dessous (pour les autres, voir l'*Annexe systématique*). Étant donné l'étendue de cette ordre, nous avons renoncé à nos tableaux habituels, et les informations concernant les différentes familles sont données « à la suite ». Néanmoins, pour faciliter la lecture, nous avons conservé les numéros, de **1.** à **6.**, précisant le poste d'information.

● *Famille des Magnoliacées : 10 g, 100 e.*
1. Régions tropicales ou subtropicales d'Asie orientale et d'Amérique. **2.** Crétacé inférieur. **3.** Arbres ou arbustes aromatiques, à feuilles simples, stipulées. Des fibres aréolées dans le bois secondaire (caractère primitif : cf. Gymnospermes). **4.** *Fl* solitaires et grandes (Magnolias) ; celles de Liriodendron ressemblent à de petites Tulipes. Pièces du périanthe (= tépales) souvent nombreuses ; type 3 fréquent. *É* nombreuses, disposées en spirale, pollen de type Monocotylédone ; *C* nombreux, disposés en spirale, 1- ou pluri-ovulés. **5.** Le réceptacle, accrescent, s'allonge et s'épaissit ; chaque *C* donne un méricarpe. Graines à petit embryon, albumen volumineux. **6.** Plantes ornementales *(Magnolias, Liriodendrons)*. *L. tulipifera* est le Tulipier. *Michelia champaca* est un arbre à fleurs jaunes, odorantes, utilisées pour la parfumerie, en Asie.

● *Famille des Winteracées (= Illiciacées) : 8 g, 30-40 e.*
Plantes souvent considérées comme une sous-famille des Magnoliacées. *Illicium verum* fournit l'Anis étoilé ou *Badiane vraie* (*I. religiosum* est la *fausse Badiane*, dont l'écorce sert d'encens). Ne pas confondre l'Anis étoilé, souvent utilisé pour la préparation de boissons alcoolisées à goût d'anis, avec l'Anis vert (*Pimpinella anisum*, Ombellifère) qui sert à préparer l'*anisette*, ni avec l'Anis âcre ou Cumin (*Cuminum cyminum*, Ombellifère), avec lequel on prépare le *kummel*. Les Anis (vert et étoilé) entrent aussi dans la composition de l'absinthe, du bitter, des vermouths.

● *Famille des Annonacées : 80 g, 1000 e.*
1. Régions intertropicales de l'Ancien Monde. **2.** Crétacé supérieur. **3.** Arbres, arbustes ou lianes, feuilles simples, alternes, sans stipules. **4.** *C* présentant d'intéressantes variations : ils sont libres (disposés en spirales ou en verticilles), ou soudés ; leur nombre peut être réduit. **5.** Le fruit est généralement une baie. **6.** Deux sous-familles : les Annonoïdées (*C* libres ou ovaire pluri-loculaire) et les Monodoroïdées (ovaire 1-loc. à placentation pariétale). Au premier groupe appartiennent les genres *Annona* (Corossolier), dont les fruits — les *corossols* — qui peuvent atteindre 2 kg, sont comestibles, et *Cananga*, par exemple *C. odorata*, dont les fleurs fournissent une essence utilisée en parfumerie : l'*ylang-ylang*.

● *Famille des Lauracées : 40 g, 1000 e.*
1. Régions tropicales principalement (d'Australie au Japon ; de l'Amérique centrale au Canada ; rares en Afrique). Dans les régions méditerranéennes : *Laurus nobilis*. **2.** Crétacé inférieur. **3.** Arbres ou arbustes (exception : *Cassytha*, lianes parasites rappelant les Cuscutes), à feuilles simples, sans stipules. **4.** Inflorescences plus ou moins diffuses, quelquefois très grandes. *Fl* régulières, petites, uni- ou bisexuées, à réceptacle plan ou plus ou moins creux. 3 « *S* » • 3 « *P* » (moins souvent, 2 + 2) • 4 × (3 *É*) ou bien 3, 4, 5 ou 6 × (2 *É*). Les anthères s'ouvrent par des clapets ; souvent, à la base des filets staminaux, une paire de glandes pédicellées • 1 *C* 1-ovul. **5.** Baie ou drupe que le réceptacle peut entourer complètement en s'agrandissant. Graines sans albumen. **6.** Deux sous-familles : les Perséoïdées (anthères à 4 clapets) et les Lauroïdées (à 2 clapets). Cellules à essences et à mucilage, expliquant l'importance économique de la famille. *Cinnamomum camphora* (Camphrier : Chine, Japon) fournit le *camphre vrai* (extrait du bois). *C. cassia* (Chine) donne l'*essence de Cannelle* (extraite des feuilles et des jeunes pousses) ; l'écorce donne la *Cannelle de Chine*. *Cinnamomum zeylanicum* est le Cannelier (Inde, Ceylan) ; écorce : *Cannelle de Ceylan*. *Persea gratissima* (Avocatier) : fruits comestibles (avocats, déformation du vocable précolombien *Ahuacatl*). *Nectandra*, *Dicypellium* donnent des bois précieux (bois de rose). *Sassafras officinale* (Amérique du Nord tempérée atlantique) fournit le bois de Sassafras et l'essence de Sassafras. *Cryptocarya moschata* fournit la noix muscade d'Amérique ; *Laurus nobilis* est le Laurier-sauce (condiment ; essences ; matières grasses dans la graine).

● *Famille des Myristicacées : 1 ou plusieurs g (selon les auteurs), 300 e.*
1. Régions tropicales (surtout Asie). **2.** Éocène. **3.** Arbres ou arbustes. **4.** Inflorescences plus ou moins diffuses et compliquées. *Fl* régulières, très petites, unisexuées, à réceptacle plan ou plus ou moins creux. 3 pièces sépaloïdes • 2 à 30 *É*, soudées par leurs filets et leurs anthères • 1 *C*, 1-ovul. **5.** « Baie » spéciale à péricarpe charnu ou coriace (s'ouvrant par deux valves). Graines à albumen abondant, riche en matières grasses et ruminé (c'est-à-dire à surface très plissée). Embryon très petit. **6.** *Myristica fragrans* est le Muscadier, arbre aromatique originaire des îles Moluques et cultivé sous les tropiques. Sa graine est la noix de muscade ; de l'albumen oléagineux on fait le beurre de muscade.

● *Famille des Monimiacées : 30 g, 400 e.*
1. Régions tropicales de l'hémisphère sud. **2.** Crétacé supérieur. **3.** Arbres ou arbustes, rarement lianes. **5.** *Fl* solitaires ou en fausses ombelles, unisexuées ; réceptacles divers. **6.** *Peumus boldus* (Boldo), qui pousse au Chili, a des feuilles officinales (elles contiennent un alcaloïde, la *boldine*, et un glucoside, la *boldoglucine*, employé contre les affections hépatiques).

● *Famille des Menispermacées : 70 g, 400 e.*
1. Régions chaudes. **2.** Crétacé inférieur. **3.** Lianes, rarement arbustes. Feuilles alternes, sans stipules. **4.** *Fl* unisexuées, 3 à 6 *C*. **6.** *Cissampelos pareira* : sa racine donne un *pareira-brava* (fébrifuge, au Brésil). *Abuta imene* donne le curare du Brésil (Amazonie) ; *Abuta rufescens* donne le *pareira-brava* blanc. *Chondrodendron tomentosum* : sa racine donne le *pareira-brava* véritable renfermant le principe actif de certains curares. *Anamirta cocculus* a un fruit (coque du Levant) très toxique par ses alcaloïdes (Indo-Malaisie).



Pulsatilla halleri *(Renonculacées) est une plante alpine.*

● *Famille des Berberidacées : 10-12 g, 200 e.*
1. Hémisphère nord (tempéré, surtout Amérique du Nord et Asie orientale). **2.** Éocène. **3.** Herbes ou arbustes. **4.** *Fl* ⚥ ; un seul *C* en général (plusieurs dans le genre *Pæonia*). **6.** *Pæonia* est la Pivoine (20 *e*), que l'on place souvent parmi les Renonculacées (ce qui est une erreur, en raison de l'anatomie des Pivoines). *Berberis* est l'Épine-vinette (hôte intermédiaire du Champignon responsable de la rouille du Blé : *Puccinia graminis*). Certaines Berbéridacées ont un intérêt économique : *Hydrastis canadensis* a un rhizome contenant des alcaloïdes (berbérine, hydrastine) ; *Podophyllum peltatum* a un rhizome qui contient une résine riche en une substance purgative (la *podophylline*).

● *Famille des Renonculacées : 40 g, 1 500 e.*
1. Hémisphère nord ; surtout dans les régions tempérées et froides. Peu nombreuses dans les régions tropicales et dans l'hémisphère sud. **2.** Éocène. **3.** Herbes ou lianes, en général. Absence quasi générale de stipules ; généralement : feuilles alternes. **5.** *Fl* différentes selon les sous-familles, conformément au tableau suivant :

Carpelles et fruits		Calice et corolle	Sous-familles
C nombreux, uni-ovulés, en disposition spiralée. Fruits : akènes.	« Calice »	Des bractées (involucre), préfloraison imbriquée.	***Anemonoïdées***
	« Calice »	Pas d'involucre, préfloraison valvaire.	***Clematitoïdées***
		Calice + corolle ; pétales à nectaire.	***Ranunculoïdées***
C peu nombreux, pluri-ovulés, en verticilles. Fruits : follicules.	« Calice »	Nombre variable de pièces, préfloraison imbriquée, des nectaires.	***Helleboroïdées***
	« Calice »	En général, *Fl* du type 4, pas de nectaire.	***Thalictroïdées***

Les sous-familles de Renonculacées.

Calice et corolle sont très variables ; quelquefois, la fleur est irrégulière (Pied-d'alouette). Chez les Ranunculoïdées, on observe la transformation des étamines en nectaires et des nectaires en pétales ; chez les Anémones, il semble que des sépales soient, parfois, à l'origine des pétales et le calice proviendrait de la transformation de l'involucre de bractées.
Les étamines sont insérées plus exactement en séries spiralées rayonnantes. La pollinisation est effectuée par les Insectes.
6. Le principal genre des Anémonoïdées est *Anemone* (100 espèces). *Anemone pulsatilla* (Anémone pulsatille), médicinale, est toxique (on en extrait le *camphre d'Anémone*). Les Clématites (genre *Clematis*) grimpent à l'aide de leurs vrilles (pétioles transformés). Nombreuses espèces cultivées. *C. alpina* est l'unique liane de la zone sud-alpine (elle atteint jusqu'à 2 000 m d'altitude). Chez les Ranunculoïdées : *Fl* de type 5, à nectaires développés devenus des pétales. *Ranunculus* (Renoncule, 300 espèces environ), *Ficaria* (Ficaire), *Adonis*. Les Helléboroïdées ont une fleur de type 5. Ce sont des herbes annuelles ou vivaces. Principaux genres : *Caltha*, *Helleborus* (Hellébore), dont *H. niger* (Rose de Noël), plante cultivée ; *Aquilegia* (Ancolie) ; *Delphinium* (Pied-d'alouette), contenant des alcaloïdes très toxiques (aconitine) ; *Aconitum* (Aconit) : plus de 70 espèces ; alcaloïdes nombreux (en particulier l'*aconitine* qui est un poison violent). En raison des nombreuses substances (alcaloïdes, hétérosides, etc.) extraites des Renonculacées, c'est une famille par excellence officinale.

● *Famille des Cabombacées : 2 g, 7 e.*
1. Amérique tropicale (une seule espèce en Afrique, Asie, Australie). **2.** Crétacé supérieur. **3.** Plantes herbacées aquatiques ; feuilles flottantes entières, feuilles immergées et très divisées. **4.** *Fl* entièrement verticillées. 3 *S* pétaloïdes + 3 *P* + 3-18 *É* + 3-18 *C* libres. **5.** Follicules. **6.** Famille habituellement groupée avec les Nymphæacées. Les deux genres sont *Cabomba* et *Brasenia*.

● *Famille des Nymphæacées : 8 g, 100 e.*
1. Cosmopolites ; plantes des marais. **2.** Crétacé inférieur. Présentent de nombreux caractères de Monocotylédones (elles ressemblent à des Hélobiées). Elles sont donc intermédiaires entre celles-ci et les Dicotylédones typiques. **3.** Plantes herbacées aquatiques, à rhizome ; les feuilles ont une forme différente suivant qu'elles sont dans l'eau ou à la surface de l'eau. **4.** *Fl* isolées, à pièces disposées en spirale ou, partiellement, en verticilles. 3-6 *S* + ∞ *P* + ∞ *É* en spirale + ∞ *C* libres ou soudés, à ovules nombreux. **5.** Capsules, akènes ou baies. **6.** Les Nelumboïdées ont des feuilles peltées (dont le pétiole est fixé au milieu du limbe) : *Nelumbo* (Lotus) ; sa graine est sans doute une de celles qui se maintiennent le plus longtemps en vie (plusieurs siècles). Les Nymphæoïdées ont des feuilles en forme de cœur (plus ou moins) : *Nuphar* (Nénuphar). La capsule de Nénuphar est remplie d'une pulpe mucilagineuse qui renferme les graines ; cette pulpe, se gonflant au contact de l'eau, fait éclater la capsule. Les graines flottent ; elles ont un tégument imperméable qui leur permet de conserver longtemps leur pouvoir germinatif.



Cl. P. 2.

Le Nénuphar jaune (Nymphæacées).

Ordre des Aristolochiales.

● *Généralités.* Cet ordre groupe 3 familles, les Aristolochiacées, les Rafflésiacées et les Hydnoracées, assez proches de certaines familles de Polycarpiques (notamment des Berbéridacées). Comme ces dernières, elles ont généralement des fleurs de type 3, des carpelles parfois séparés, la placentation axile (en général) et un appareil sécréteur. Enfin, elles présentent certains traits de Monocotylédones (certaines Aristolochiacées ont un appareil reproducteur comparable à celui des Orchidées). Les Aristolochiales sont des Apétales (le périanthe ne comporte qu'un verticille de pièces) ; fleurs hermaphrodites (sauf cas d'avortement), ovaire infère, pluriloculaire, graines à albumen.

● *Les deux principales familles d'Aristolochiales.*

	Aristolochiacées 6-7 *g*, 400 *e*	**Rafflesiacées** 8 *g*, 55 *e*
1.	Régions chaudes ; plantes originaires de l'Amérique tropicale.	Essentiellement régions tropicales.
2.	Crétacé supérieur, peut-être Crétacé inférieur.	
3.	Herbes, souvent lianes. Cellules à essences.	Plantes parasites, dépourvues de chlorophylle, vivant sur les racines ou les tiges de plantes ligneuses. Leur appareil végétatif, réduit, ne possède pas de racines : il est enfoui dans l'hôte, duquel il ne dépasse guère que la fleur ; mais celle-ci peut être énorme (1 m de diamètre chez un *Rafflesia*).
4.	Pièces du périanthe unies souvent en un tube caractéristique, généralement pétaloïdes. La soudure du style et des étamines détermine la formation d'une pièce particulière appelée *gynostème*.	*Fl* solitaires et souvent énormes, 1-sexuées ; ovaire habituellement infère.
5.	Capsule.	
6.	Le principal genre est celui des Aristoloches *(Aristolochia)*. *A. clematitis* a des fleurs jaune pâle dont le périanthe, irrégulier, a la forme d'un cornet prolongé vers le bas par un tube renflé au niveau des stigmates ; les Mouches, attirées peut-être par l'odeur, assurent la pollinisation : des poils, attachés à l'intérieur du cornet et dirigés vers le bas, les retiennent prisonnières dans la fleur (l'ovaire se trouve au-dessous de la partie renflée du tube). Nombreuses espèces décoratives ; le rhizome de certaines Aristoloches est officinal (*A. serpentaria* = Serpentaire vraie, d'Amérique du Nord).	*Rafflesia*, genre à très grandes fleurs d'Insulinde : *R. arnoldi* a des fleurs d'un mètre de diamètre. *Cytinus hypocistis* pousse dans les régions méditerranéennes, où il parasite les racines des Cistes.

Ordre des Piperales (phylum 14).

Généralités.

Les Pipérales ont une place mal définie dans la classification des Végétaux. Elles appartiennent à un phylum composé, pour l'essentiel, de Monocotylédones : les Spadiciflores (voir p. 119). Les Pipérales présentent d'ailleurs un certain nombre de caractères que l'on retrouve aussi bien chez les Monocotylédones que chez les Renonculacées (fleurs de type 3, inflorescences en épis qui les rapprochent des Aracées). Enfin signalons que les Pipérales sont des Apétales à fleurs hermaphrodites (voir tableau p. 90) ; graines à albumen.

Les familles de Piperales.

Elles sont au nombre de trois : Pipéracées, Saururacées et Chloranthacées. Nous ne décrirons que la première (voir l'*Annexe systématique* pour les deux autres).

Piperacées : 15 *g*, 1 300 *e*
1. Régions tropicales.
2. Crétacé supérieur.
3. Plantes herbacées le plus souvent, grimpantes ; lianes ou, rarement, petits arbres à feuilles simples, généralement alternes. Cellules à essences.
4. (3 + 3) *É*, 3 *C*, ovaire 1-loc. Mais on trouve aussi : (5 + 5) *É* ou (4 + 4), ou même (2 + 2) et (1 + 1). De même, il peut y avoir 2, 4 ou 5 *C*. Dans la graine, périsperme important.
5. Baie.
6. *Piper* (Poivriers), avec 800 *e*, est le genre principal. *P. nigrum* (Indo-Malaisie) donne un fruit qui noircit au séchage et qui constitue le Poivre noir. La graine du fruit est le *Poivre blanc*. *Piper betel* est le *Poivre bétel* ; on appelle aussi *bétel* un mélange de ses feuilles avec des noix d'Arec (un Palmier) : c'est un masticatoire employé en Extrême-Orient, souvent allié à de la chaux. Deuxième grand genre : *Peperomia* (plus de 500 espèces, intertropicales). Pour les autres espèces, voir *Annexe systématique*.

Le phylum 16.

Ce phylum est très important en raison du nombre de familles qu'on y rencontre. Elles sont groupées en 5 ordres : les Pariétales et les Rhœadales sont Dialypétales ; les Cucurbitales, les Éricales et les Synanthérales sont des Gamopétales. L'ordre des Synanthérales est sans doute un des plus nombreux du monde : il comprend notamment la famille des Composées (plus de 20 000 espèces).

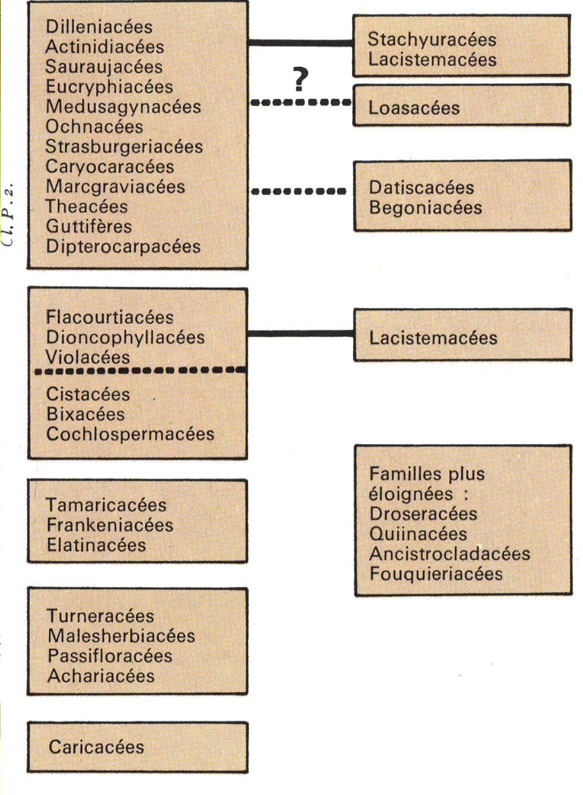


Cl. Naud/Afrique photo.

Le Poivrier (genre Piper*, famille des Piperacées). Remarquer les inflorescences : épis allongés et denses.*

Ordre des Pariétales.

● *Généralités.* Les Pariétales sont des plantes ligneuses ou herbacées, dont les feuilles sont habituellement stipulées et les fleurs, en général, de type 5, avec calice et corolle. Son étendue varie selon les auteurs, la classification que nous avons adoptée ici y reconnaît 36 familles groupées comme l'indique le tableau ci-dessous :



Les 36 familles de Pariétales.

En raison de l'abondance des familles, nous les étudierons non pas en tableau, mais « à la suite », en conservant éventuellement les numéros indiquant les postes d'information.

● *Dilleniacées :* 10 *g*, 300 *e*.
Cette famille fait transition avec les Magnoliacées. Elle comprend des arbres ou des arbustes à feuilles alternes ; les pièces du périanthe sont encore disposées en spirales ; les étamines sont nombreuses, mais, par soudure, elles ont tendance à réaliser le type 5. Les carpelles sont libres ou faiblement soudés. Beaucoup de Dilléniacées fournissent des matières tannantes ou des bois d'œuvre.

● *Actinidiacées :* 1 *g*, 20-25 *e*.
Arbustes ou lianes qui ont des caractères d'Ericales (voir ci-dessous). *Actinidia* est une liane à fruits souvent comestibles.

● *Ochnacées* 20 *g*, 400 *e*.
Arbres ou arbustes, rarement herbes, vivant dans les régions tropicales. Caractères floraux proches de ceux des Dilléniacées. Tannins abondants.

● *Theacées :* 30 *g*, 500 *e*.
1. Régions tropicales. **2.** Crétacé supérieur. **3.** Arbres ou arbustes, lianes, à feuilles alternes, simples. **4.** Périanthe : pièces plus ou moins nombreuses, disposées en spirale. *É* nombreuses ; 2-10 *C* (en général 3). **5.** Capsule. Graines à albumen réduit ou absent. **6.** Le genre le plus intéressant pour l'homme est le Thé *(Thea)* dont on connaît 100 espèces. *Thea sinensis* est le Théier, originaire de Chine méridionale, qui contient 2 à 3 % de caféine dans les jeunes feuilles, des matières grasses (33 %) et une saponine dans la graine. Selon la manière dont on traite les feuilles du Théier, on obtient des *thés verts* ou des *thés noirs*. On connaît deux grandes variétés de Thés : la variété de Chine (petites feuilles) et la variété d'Assam (grandes feuilles) ; la première est cultivée en Chine et au Japon et utilisée pour la fabrication du thé vert ; la seconde (Inde, Pakistan, Ceylan, etc.), est utilisée pour la fabrication du thé noir (mais on peut faire du thé noir avec la variété de Chine, et du thé vert avec celle d'Assam). Enfin il existe, dans certaines régions, des hybrides de ces deux variétés.

● *Guttifères :* 40-50 *g*, 1 000 *e*.
1. Régions chaudes et tempérées. **2.** Cénomanien. **3.** Arbres, arbustes, lianes ou herbes. **4.** *Fl* en cymes, rarement solitaires et parfois très grandes. **6.** Six sous-familles (voir *Annexe systématique*). Nombreuses utilisations : *Caraipa* (Brésil) donne le *baume de Caraipa ; Hypericum perforatum* ou Millepertuis est une mauvaise herbe très dangereuse qui dévaste les pâturages ; *Calophyllum calaba* donne le *baume de Calaba ;* d'autres espèces de Calophyllum donnent des bois précieux (bois de rose, etc.) ; *Garcinia* (Afrique et Asie tropicale) a plu-

sieurs espèces utilitaires : *G. mangostana* (Mangoustanier) a un fruit comestible ; *G. hanburyi* donne une gomme-gutte (gomme-résine). Des graines de certaines espèces on fait des matières grasses alimentaires : beurre de Kokum *(Garcinia)*, beurre de Kanhya *(Pentadesma)*.

● *Flacourtiacées :* 80-90 *g*, 900 *e*.

1. Régions tropicales. **2.** Éocène inférieur. **3.** Arbres ou arbustes, quelquefois lianes. Pas de canaux sécréteurs. **4.** Pièces du périanthe disposées en spirale. 2-15 *S* + 0 à 10 *P* + 1 à ∞ *É* + 2 à 10 *C*. Les anthères s'ouvrent par une fente longitudinale ; les carpelles sont 1-loc. **5.** Capsule ou baie. **6.** L'unité de cette famille tient à l'anatomie des genres qui la composent ; mais la morphologie externe est très variée (on y a distingué une dizaine de groupes).

● *Violacées :* 16 *g*, 1 000 *e*.

1. Régions chaudes et tempérées (Amérique du Sud en particulier). **2.** Éocène. **3.** La plupart sont herbacées, mais il en existe qui sont ligneuses et ont des fleurs plus primitives. Feuilles généralement alternes, pourvues de stipules. **4.** *Fl* généralement irrégulières. 5 *S* + 5 *P* + 5 *É* + 2 à 5 *C*. Ovaire à placentation pariétale. **5.** Capsule. Graines à arillode (excroissance formée par les tissus de la région du micropyle) et à albumen. **6.** Le genre le plus connu est *Viola* (Violettes, Pensées). Les Pensées cultivées sont des hybrides de *Viola tricolor*, de *Viola lutea* et de *Viola altaica*.

● *Cistacées :* 8 *g*, 250-300 *e*.

1. Régions méditerranéennes ; quelques-unes en Amérique du Nord. **3.** Arbustes ou herbes vivaces, caractéristiques de la garrigue ou du maquis. Plantes couvertes de poils mous et glanduleux. Feuilles persistantes, simples, généralement sans stipules. **4.** *Fl* régulières. En principe : 5 *S* + 5 *P* + *É* (nombreuses) + 3 à 10 *C*. Les pétales sont caducs ; les étamines, verticillées, à la base d'une petite colonne qui porte les carpelles. Ovules orthotropes. **6.** *Cistus* (Cistes) ; diverses espèces donnent des résines. *Helianthemum* (ornementale).

● *Bixacées :* 1 *g*, 2 *e*.

1. Amérique tropicale. **3.** Arbres à feuilles pourvues de stipules ; des canaux sécréteurs de gomme dans les tiges. **4.** Deux carpelles. **6.** *Bixa orellana* est le Rocouyer ; les téguments charnus des graines fournissent le colorant rouge ou *rocou* des Indiens (appelé aussi *rouge d'Orléans* ou *rouge d'Annatto*).

● *Tamaricacées :* 4 *g*, 150 *e*.

1. Ancien Monde (surtout régions méditerranéennes et contrées arides). **3.** Arbres ou arbustes à petites feuilles, souvent en aiguilles, ce qui leur donne un aspect rappelant les Cyprès. **4.** *Fl* très petites dont l'organisation rappelle celle des Violacées. **5.** Capsule (comme chez les Violacées). **6.** 130 à 140 espèces méditerranéennes du genre *Tamarix* (Tamaris). *T. gallica* est ornementale. *T. mannifera* sécrète une matière sucrée sous l'excitation des piqûres d'une Cochenille *(Eriococcus mannifer)* ; cette matière est la manne (elle pourrait être celle dont parle la Bible). *T. articulata* (*Tlaia*, Sahara, Inde), fournit une galle d'Insecte contenant une substance tannante.

● *Élatinacées :* 2 *g*, 50 *e*.

Famille au classement difficile ; les Élatinacées sont des petites plantes herbacées : *Elatine, Bergia*.

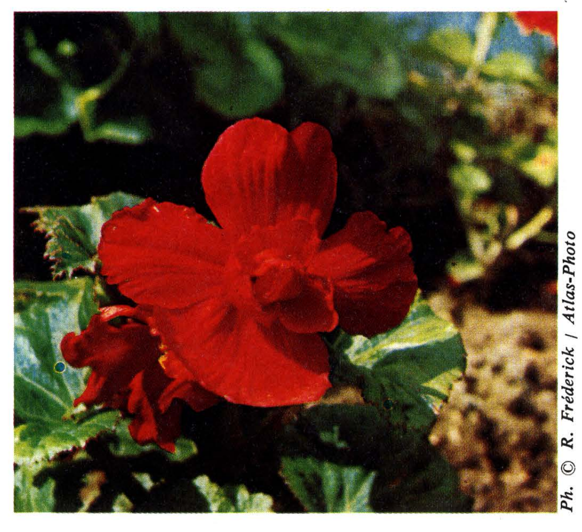
● *Passifloracées :* 12 *g*, 600 *e*.

1. Amérique tropicale, Afrique. **3.** Lianes herbacées ou ligneuses, grimpantes à l'aide de *vrilles* ; arbustes ou arbres. Feuilles alternes. **4.** *Fl* régulières. Sur le bord du réceptacle creusé en coupe, *couronne* formée à la fois par ce réceptacle et par la base des pétales. En général : involucre de préfeuilles + 5 *S* + 5 *P* + 5 *É* + 3-5 *C*. *É* et *C* sont portés par un même organe *(androgynophore)*. **5.** Capsule ou baie. Graines à albumen et à arille (excroissance formée par les tissus du funicule). **6.** *Passiflora* (Fleur de la passion) ; fruits comestibles.



Ph. © Jacques Six.

Tamaris (**Tamarix pendentra**).



Ph. © R. Fréderick / Atlas-Photo

Begonia regulus *pourpre*.

● *Caricacées* (= *Papayacées*) *:* 3 *g*, 50 *e*.

1. Amérique tropicale ; quelques-unes en Afrique. **3.** Petits arbres non ramifiés, à tronc succulent (charnu), renfermant des laticifères articulés (dans le latex : existence d'une enzyme, la papaïne, qui détruit les protéines, d'où son usage pour « attendrir » la viande). Feuilles alternes, à long pétiole, en bouquet à l'extrémité des rameaux. **4.** *Fl* régulières, généralement unisexuées, gamopétales (*Fl* ♂) ou dialypétales (*Fl* ♀). Généralement 5 *S* + 5 *P* (en tube) + (2 × 5) *É* + 5 *C* (moins souvent : 3 *C*). **5.** Baie. **6.** *Carica* est le Papayer d'Amérique tropicale. Baie comestible.

● *Bégoniacées :* 5 *g*, 800-900 *e*.

1. Régions chaudes, surtout au nord de l'Amérique du Sud. **3.** Plantes herbacées, parfois grimpantes, à feuilles alternes, simples, pourvues de stipules. **4.** *Fl* unisexuées. *Fl* ♂ : périanthe de 2 à 4 pièces, nombre indéterminé d'*É*. *Fl* ♀ : périanthe avec 2 à 10 pièces ; 2-6 *C* (en général 3) ; ovaire à placentation axile (en général). **5.** Capsule (rarement : baie). Graines sans albumen. **6.** *Begonia* (près de 800 espèces) : variétés ornementales cultivées (bouturage extrêmement facile).

● *Droséracées :* 4 *g*. 90 *e*.

1. *Drosera* (85 *e*) : cosmopolite ; 3 genres à une seule espèce : *Drosophyllum* (Espagne, Maroc), *Dionæa* (Caroline), *Aldrovandia* (Eurasie, Australie). **2.** Éocène. **3.** Plantes herbacées ; les *Aldrovandia* sont aquatiques. Feuilles alternes, souvent en rosettes ; formes particulières en rapport avec leur aptitude à capturer des Insectes. Ce sont en effet des *plantes carnivores*. **6.** *Drosera rotundifolia* (Rossolis) : petite plante des régions marécageuses, aux feuilles en forme de raquette, disposées en rosette au pied de la tige. Sur les feuilles, de longs poils spéciaux, sensibles, se replient au moindre contact vers le centre du limbe, emprisonnant la proie qu'ils retiennent de leur sécrétion visqueuse. Les Droséracées n'ont pas un besoin absolu de nourritures animales ; elles ne sécrètent d'ailleurs pas d'enzyme capable d'effectuer la digestion. *Dionæa muscipula* = Attrape-mouches. Leurs feuilles se replient autour de leur nervure médiane : de chaque côté, le limbe porte quelques longs poils rigides qui, après le repliement, retiennent l'Insecte comme dans une cage. Le mouvement est provoqué par l'excitation de 6 poils sensibles du limbe.

Ordre des Rhœadales.

● *Généralités*. Cet ordre réunit des plantes herbacées aux feuilles alternes, à stipules très petites ou caduques, dont les fleurs, généralement régulières, hermaphrodites, sont pourvues d'un calice et d'une corolle (celle-ci provenant, au moins dans certains cas, de la transformation des étamines), mais, contrairement aux Pariétales, dont les fleurs sont généralement du type 5, les Rhœadales ont des fleurs de type **2**, 3 ou **4** et rarement du type 5. Comme les Pariétales, ce sont des Dialypétales thalamiflores. L'ovaire, à placentation pariétale (un cas particulier : celui des Crucifères) est, généralement, directement surmonté par les stigmates, sans l'intermédiaire d'un style. Les 4 principales familles de cet ordre sont réparties comme l'indique le tableau suivant :

Graines	Étamines	Familles
Graines à albumen, du latex, pas de cellules à myrosine (enzyme qui agit sur le principe actif de la *farine de moutarde*).	∞, 4 ou 2 *É*.	***Papaveracées***
Graines sans albumen, pas de latex. Des cellules à myrosine.	∞ *É*. Périanthe de type 5, 6 ou 7.	***Resedacées***
	∞, 6 ou 4 *É*.	***Capparidacées***
	4 grandes *É* + 2 petites *É*. Silique.	***Crucifères***

A ces familles s'ajoutent les Moringacées, les Tovariacées et les Bretschneidéracées (affinités douteuses ; voir *Annexe systématique*).

● *Les familles de Rhœadales*

	Papaveracées 50 *g*, 800 *e*	**Resedacées** 6 *g*, 90 *e*	**Capparidacées** 45 *g*, 800 *e*	**Crucifères** 350 *g*, 4000 *e*
1.	Régions tempérées et froides de l'hémisphère nord ; quelques-unes dans les régions chaudes et dans l'hémisphère sud.	Régions chaudes et tempérées ; nombreuses dans les régions méditerranéennes.	Régions chaudes.	Cosmopolites.
3.	Plantes herbacées, annuelles ou vivaces, à feuilles simples, alternes, souvent très découpées, généralement sans stipules.	Plantes herbacées à feuilles simples, alternes.	Herbes, arbrisseaux ou lianes.	Plantes herbacées annuelles, bisannuelles ou, rarement, vivaces ; feuilles alternes en général, à petites stipules caduques. Dans certains cas, adaptation remarquable : plantes « en coussinet » des régions montagneuses par exemple.
4.	Calice de 2 *S*, rarement 3 ou 4 ; corolle presque toujours de 4 *P*. *É* libres, parfois en deux faisceaux. 2-20 *C* ; ovaire 1-loc.	*Fl* de type 5 ou 6 ; 3 à 40 *É* libres ; 2-6 *C*. *Reseda :* 4 à 8 *S*, autant de *P*, 8 à 10 *É* ; les *C* restent ouverts au sommet.		Inflorescences : grappes se contractant parfois en corymbes jouant un rôle comparable à celui des ombelles chez les Ombellifères. *Fl* ⚥, régulières ; variations florales rares. (2+ 2) *S* + 4 *P* à onglet + (2 petites + 4 grandes) *É* + 2 *C*. Ovaire 1-loc. à placentation pariétale ; à partir des placentas se développe, secondairement, une fausse cloison qui divise l'ovaire en deux parties : c'est la structure typique de ce qu'on appelle la *silique*. Ovule campylotrope. Les 4 pétales dessinent une croix, d'où le nom de la famille (Crucifères). Pollinisation par les Insectes qui recherchent le nectar.
5.	Capsule ou silique.	Capsule.	Capsule, silique, baie ou drupe.	Silique. Graines sans albumen.
6.	Voir ci-après.	*Reseda* (80 espèces) : *Fl* irrégulières, en épi ou en grappe. Plantes ornementales *(R. odorata, R. luteola)*.	*Capparis* (Câprier).	Voir ci-après.

Les familles de Rhœadales.

● *Renseignements complémentaires.*
— Les Papavéracées constituent un bon exemple de « famille par enchaînement ». On peut discerner une évolution continue depuis le genre *Papaver* (Pavot, Coquelicot) jusqu'au genre *Fumaria* (Fumeterre), en passant par de nombreux genres intermédiaires. Les Papavéroïdées ont encore des étamines nombreuses; leurs carpelles sont parfois encore séparés; l'ovaire et le stigmate rappellent ce que l'on observe chez les Nymphæacées; à partir de la troisième sous-famille (Hypecoumoïdées), le nombre des étamines se réduit à 4 ou 2, la fleur devient irrégulière; la plante produit encore du latex, mais ne renferme plus de laticifères. Le genre le plus célèbre est *Papaver*, dont on connaît environ 100 espèces sur l'hémisphère nord. *Papaver rhœas* est le Coquelicot des champs; *Papaver somniferum* est le Pavot, dont on connaît deux variétés : la variété *album* donne à partir du latex de ses capsules l'opium, riche en alcaloïdes (morphine), tandis que la variété *nigrum* fournit l'*huile d'œillette*. Il y a aussi de nombreuses espèces ornementales. D'autres Papavéracées fournissent des alcaloïdes, dont on connaît plus ou moins les propriétés : les Chélidoines

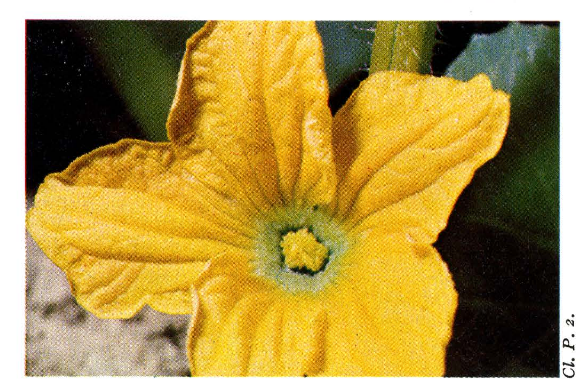

Cl. P. 2.

La capsule de Papaver somniferum, *la fleur du mal et des rêves.*

(Chelidonium) contiennent de la chélidonine; *Sanguinaria* (Amérique du Nord) contient de la sanguinarine; *Dicentra* (Cœur de Jeannette), contient de la dicentrine; *Corydalis* contient de la *corydaline*.
— Les Crucifères, dont la classification est compliquée, variable selon les auteurs, jouent un rôle important dans l'économie humaine. Les Crucifères alimentaires sont : *Brassica oleracea* (Chou potager), dont on a, par la culture, multiplié les races (variété *acephala :* Chou vert; variété *capitata :* Chou pommé ou Cabus; variété *botrytis :* Chou-fleur; variété *caulo-rapa :* Chou-rave); les Choux de Bruxelles ne sont autres que les bourgeons axillaires de certaines variétés de *B. oleracea*. Le Navet est *Brassica napus* (variété *esculenta*, comestible; variété *oleifera* dont les graines fournissent l'huile de colza). *Raphanus sativus* est le Radis (variété *niger :* Radis noir; variété *radicula :* Radis rose); le Cresson officinal ou Cresson des fontaines est *Nasturtium officinale ;* etc. Les Crucifères médicinales agissent surtout par leurs propriétés antiscorbutiques et condimentaires. Le Raifort *(Armoracia lapathifolia)* a une racine-condiment; *Brassica nigra* est la Moutarde noire (utilisée en *sinapismes*). Crucifères industrielles : le *Pastel (Isatis tinctoria)* fournit l'indigo blanc (qui bleuit par oxydation).


Cl. Teurtroy/Jacana.

Graines de* Chelidonium majus, *qui contiennent de la chélidonine.


Cl. P. 2.

Fleur de Melon (Cucurbitacée).

Ordre des Cucurbitales.

● *Généralités.* Cet ordre comprend une seule famille : les Cucurbitacées. Les Cucurbitales sont en même temps gamopétales et dialypétales par leurs différents caractères. Elles sont apparentées aux Pariétales et aux Synanthérales, dont elles pourraient représenter une lignée parallèle. Elles ont toutes un ovaire infère.

● *La famille des Cucurbitacées :*

Cucurbitacées : 100 *g*, 1000 *e*

1. Régions chaudes principalement, beaucoup se sont acclimatées dans les régions tempérées.

3. Herbes annuelles ou vivaces, lianes à vrilles (de nature discutée : on hésite à les interpréter comme un rameau modifié ou des feuilles transformées); rarement arbustes. Feuilles alternes, simples, dépourvues de stipules.

4. Inflorescences : cymes.
Fl régulières, pratiquement toujours unisexuées, de type 5 (très rarement de type 4). La corolle présente tous les intermédiaires entre le type Dialypétale et l'organisation Gamopétale. *É* non soudées à la corolle, plus ou moins soudées entre elles en général (2 par 2, la cinquième étant libre, ou toutes les 5 entre elles). Les anthères sont fréquemment contournées, elles peuvent être soudées en une colonne centrale ou former une masse qui s'ouvre par une fente commune.
3 *C* en général (4 ou 5 plus rarement). Placentation pariétale à l'origine, mais les placentas sont très saillants, recourbés, d'où une division en 3 loges et une apparence de placentation axile; les placentas peuvent ensuite se replier une seconde fois, subdiviser les loges précédentes en ramenant alors les ovules en position pariétale. Les ovules sont généralement très nombreux; ils ont 2 téguments.

5. Baie caractéristique (= péponide ou pépon), à partie externe coriace ou ligneuse.

6. Nombreuses espèces utilisées par l'homme. *Luffa cylindrica* (Courge torchon), donne les Éponges végétales (avec les parois fibreuses du fruit). *Bryonia* est la Bryone. *Citrullus colocynthis* est la Coloquinte (toxique); *C. vulgaris* = Pastèque ou Melon d'eau. *Cucumis melo* est le Melon (cultivé); *Cucumis sativus* = Cornichon, Concombre. *Cucurbita* = Courge; *C. maxima* = Potiron, etc.


Cl. Bordas/J.B.

Fleurs de Rhododendron (Ericacée).

Ordre des Ericales.

● *Généralités.* Cet ordre comprend 6 familles, dont certaines rappellent assez bien les Actinidiacées (qui sont des Pariétales). Il s'agit de plantes gamopétales, à ovaire généralement supère. Nous n'étudierons ici que 2 familles : les Pyrolacées et les Ericacées.

● *Les familles d'Ericales :*

	Pyrolacées : 10 *g*, 30-40 *e*	**Ericacées :** 70 *g*, 2000 *e*
1.	Surtout régions froides de l'hémisphère nord.	Toutes les régions tempérées; dans les régions tropicales, elles sont limitées aux zones montagneuses.
2.		Cénomanien.
3.	Plantes herbacées.	Arbustes parfois petits, souvent à port caractéristique (port de Bruyère), formant fréquemment des peuplements plus ou moins denses. Feuilles simples, persistantes. Racines généralement associées à des Champignons (*Mycorhizes* : voir p. 53).
4.	Pétales souvent non soudés.	*Fl* régulières ou peu irrégulières. Les anthères des *É* ont habituellement 2 petites cornes et s'ouvrent par des pores. Autant de *C* que de pièces dans chacun des autres verticilles. L'ovaire a tendance à devenir infère; quand il est supère, il repose sur un disque à nectar.
5.	Capsule. Embryon très petit, peu différencié; cotylédons indiscernables.	Capsule, baie ou drupe.
6.	Voir *Annexe systématique.*	4 sous-familles (voir *Annexe systématique*). *Arbutus unedo* est l'Arbousier; *Calluna* est la Bruyère ordinaire (Callune); *Erica* est la Bruyère vraie (800 espèces environ). *Vaccinium myrtillus* est la Myrtille.

Ordre des Synanthérales.

● *Généralités.* Cet ordre de plantes gamopétales comprend 6 familles : les Campanulacées, les Lobéliacées, les Goodéniacées, les Brunoniacées, les Stylidiacées et les Composées; cette dernière famille comprend plus de 20 000 espèces. Dans l'ensemble, les Synanthérales sont caractérisées par leur tendance à porter des inflorescences compactes (capitules) et, ce qui leur vaut ce nom de Synanthérales, celle d'avoir, dans leurs fleurs, des anthères soudées entre elles en un tube qui entoure le style (cette soudure affecte les anthères, mais non les filets des étamines, qui restent indépendants). Les ovules ont un seul tégument; leur nucelle est très peu volumineux.
Nous étudierons ici les Campanulacées, les Lobéliacées et les Composées. Pour les autres familles, se reporter à l'*Annexe systématique*.

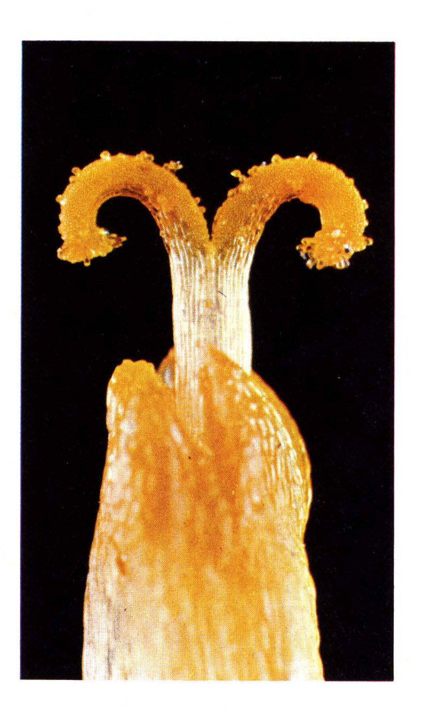
● *Les Campanulacées :* 50 *g*, 1000 *e*.
1. Cosmopolites, faiblement représentées dans les régions tropicales, très abondantes dans les régions méditerranéennes. **3.** Herbes, rarement arbustes ou lianes sans vrilles. Feuilles en général simples et alternes, dépourvues de stipules. Des laticifères. **4.** *Fl* régulières, très généralement de type 5 : 5 *S* libres, à orientation variable; 5 *P* soudés, rarement libres; 5 *É* alternant avec les *P*, non attachées sur la corolle, généralement libres, mais dont les anthères présentent la tendance à se souder, caractéristique de l'ordre; 3 *C* (à l'origine 5); ovaire infère dans le cas général, à plusieurs loges, renfermant de nombreux ovules. Placentation axile. **5.** Capsule, rarement baie. Graines petites, à albumen charnu et à embryon droit. **6.** *Campanula* est la Campanule (plus de 250 espèces).

● *Famille des Lobéliacées :* 12 *g*, 400-500 *e*.
1. Essentiellement régions tropicales et hémisphère sud. **3.** Plantes souvent arborescentes. **4.** *Fl* irrégulières dont le pédoncule est tordu de 180°. Type 5 : 5 *S*, dont 2 en arrière; 5 *P* (corolle à 2 lèvres); 5 *É*, parfois plus ou moins, attachées à la corolle et dont les anthères sont soudées entre elles. 2 *C* et deux loges. Placentation pariétale. **6.** *Lobelia* (Lobélies), typique des hautes montagnes équatoriales : port en cierges de grande taille (ressemblance avec les Séneçons géants).

● *Famille des Composées.* Cette énorme famille est étudiée ci-après.







Clichés J.-C. Hayon.

I. Le capitule de la Marguerite* (Chrysanthemum leucanthemum). *Chaque petite languette blanche est une fleur; chaque petit point jaune (dont l'ensemble forme un tapis qui seul subsiste quand on a « effeuillé » la Marguerite) est aussi une fleur. Les fleurs blanches sont dites fleurs à languette (ou ligulées); les fleurs jaunes sont dites* tubuleuses. *— II. On observe bien les fleurs jaunes, épanouies (du moins les fleurs les plus externes), leurs ovaires infères, plantés sur la masse du capitule, à la base des tubes. — III. Une fleur tubuleuse isolée : le stigmate est ouvert, porteur de pollen.

La famille des Composées (ordre des Synanthérales).

● *Immense famille cosmopolite :* 20 000 *e*, un millier de *g* ; en France : 538 *e* réparties en 111 *g*. Particulièrement nombreuses dans les régions tempérées et froides; les Composées sont connues depuis l'Oligocène. Elles représentent le septième de la flore phanérogamique (c'est-à-dire des plantes à fleurs) d'Europe et d'Amérique du Nord.

● *Appareil végétatif.* Ce sont le plus souvent des plantes herbacées, annuelles, bisannuelles ou vivaces; rarement : arbustes ou même arbres, lianes. Feuilles dépourvues de stipules, fréquemment très découpées, munies d'épines, habituellement alternes, rarement opposées. Les Composées n'accumulent pas d'amidon, comme beaucoup d'autres plantes, mais de l'*inuline*. Laticifères fréquents ou canaux sécréteurs, ou encore cellules sécrétrices; poils variés, souvent sécréteurs. On trouve dans les Composées des latex résineux ou à caoutchouc; des alcaloïdes (abrotanine, sénécine, hyoscyamine, coumarine).

● *Inflorescences.* Ce sont typiquement des *capitules*, qui peuvent être eux-mêmes réunis en grappes, en cymes, en corymbes, etc. C'est donc un ensemble « composé », d'où le nom de la famille. Il pourrait s'agir d'un cas de *surévolution :* les fleurs sont devenues petites, se sont groupées en inflorescences qui simulent des fleurs simples; et même, dans certains cas, l'évolution a pu aller plus loin, rappelant alors ce qui s'est produit chez les Euphorbiacées. Un exemple classique de fleur de Composée est celui de la Marguerite ou des Chrysanthèmes.

Un capitule est comparable à un épi dont l'axe aurait été raccourci, aplati : le plateau ainsi réalisé porte les fleurs, qui peuvent être très nombreuses (un millier dans certains cas, plusieurs centaines en général). Sur ce plateau (= réceptacle), les bractées florales sont réduites à des poils ou à des écailles (les *paillettes*), ou bien ont disparu (capitules nus). Sur le pourtour se trouvent des bractées stériles (ne correspondant pas directement à des fleurs) ayant l'aspect de feuilles, d'écailles minces, membraneuses, ou au contraire charnues (Artichauts).

● *Les fleurons.* On appelle ainsi les fleurs du capitule; quand elles sont toutes identiques, le capitule est dit *homogame ;* quand elles sont de deux sortes (comme dans le cas de la Marguerite), le capitule est dit *hétérogame*. Lorsque les fleurons sont de deux sortes sur le même capitule, ceux du centre se spécialisent dans la fonction reproductrice, tandis que ceux de la périphérie acquièrent, par le développement de leur corolle, une fonction attractive pour les Insectes, régulièrement chargés de la pollinisation.

Les fleurons sont à l'origine hermaphrodites. Ils deviennent unisexués, mâles ou femelles, par avortement des organes de l'un des deux sexes, ou même asexués (par avortement des organes sexuels). La formule florale originelle est :

$$5\,S + 5\,P + 5\,É + 2\,C.$$

Le fleuron typique est une fleur plus ou moins tubuleuse, plus ou moins irrégulière; la corolle peut être bilabiée ($3\,P + 2\,P$), rappelant alors celle des Labiées, ou encore *tubuleuse* et prolongée sur un seul côté par une lame aplatie (une ligule), terminée tantôt par 5, tantôt par 3 dents (*fleurs ligulées* ou demi-fleurons). Exceptionnellement, la corolle fait défaut (cas du genre *Ambrosia*).

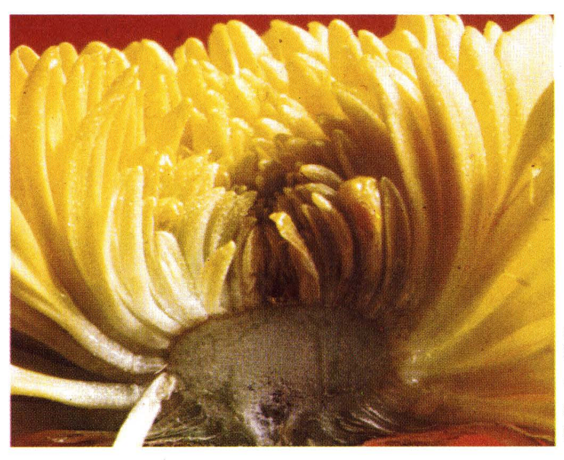
Les sépales, très petits, tendent à disparaître (tendance déjà observée chez d'autres familles, comme les Ombellifères); mais, au cours de la fructification, ils s'agrandissent et constituent une couronne de soies diversement conformées, le *pappus*, qui aide au transport du fruit par le vent ou par les animaux.

● *Étamines et carpelles.* Les 5 étamines, qui sont égales et alternent avec les pétales, sont soudées par leurs anthères en un tube. Les anthères, généralement, sont plus longues que les filets, qui sont libres et attachés au tube de la corolle; à la base des anthères, il y a des prolongements en forme de petits lobes ou de fer de lance qui empêchent la pluie de venir diluer le nectar accumulé au pied du style.

Les 2 carpelles donnent un ovaire infère, à une seule loge, renfermant un seul ovule apotrope (voir p. 98), fixé au fond. Le disque à nectar est situé au-dessus de l'ovaire, et il est traversé par le style.

● *Pollinisation.* Bien que les anthères surplombent le style, ces plantes favorisent la fécondation croisée par un procédé remarquable. Les étamines mûrissent les premières. A ce moment, le style se trouve *en dessous* du cercle des anthères; il se termine par deux stigmates qui sont appliqués l'un contre l'autre. Sous les stigmates, ou le long du style, sont fixés des poils dont le rôle est important : lorsque les étamines se flétrissent, le style s'allonge rapidement et ces poils ramonent au passage le pollen des anthères (lesquelles s'ouvrent du côté interne, c'est-à-dire du côté du style). Les Insectes qui viennent butiner se chargent du pollen qui ne peut pas encore féconder le style de la même fleur, celui-ci n'étant pas encore réceptif (les deux stigmates restant appliqués l'un contre l'autre). Enfin, lorsque les deux stigmates s'écartent, c'est fréquemment le pollen des fleurs voisines qu'ils reçoivent, puisque les fleurs sont petites et serrées les unes contre les autres et que le vent les agite. Chez les Centaurées, le style reste court : l'Insecte en s'agitant excite les étamines dont le filet se contracte brusquement; le style se trouve ainsi dégagé, couvert du pollen qu'ont retenu ses poils ramoneurs au moment où les anthères se sont abaissées.

L'akène est en général couronné du pappus et contient une seule graine, sans albumen, à embryon droit.



Cl. Bordas/J.B.

Coupe dans le capitule d'un Dahlia, Composée tubiflore (à fleurs centrales tubuleuses).

● *Systématique des Composées.* On distingue 2 sous-familles : les Tubiflores et les Liguliflores. Voici comment elles s'opposent :

Tubiflores (ex. : la Marguerite)	Liguliflores (ex. : la Chicorée)
Corolle de toutes les fleurs (ou seulement des fleurs centrales tubuleuses) tubuleuse.	Corolle de toutes les fleurs : ligulée.
Pas de laticifères.	Existence de laticifères articulés.
Organes sécréteurs d'essences.	Pas d'appareil sécréteur à essences.

Pour les détails de la systématique, voir l'*Annexe systématique*.

Les Composées sont d'une très grande utilité pour l'homme, auquel elles fournissent des légumes et des matières premières industrielles (médicales, matières colorantes, caoutchouc, etc.). Voici quelques exemples :

— Légumes : Artichaut *(Cynara scolymus)*, Cardon *(Cynara cardunculus) ;* Laitue *(Lactuca)*, avec *Lactuca sativa :* la Laitue romaine cultivée; Salsifis : *Tragopogon porrifolius ;* Salsifis noir *(Scorzonera hispanica)*.

— Matières industrielles diverses : hétérosides *(Vernonia, Grindelia, Xanthium, Anthemis,* etc.); résine, matière première du caoutchouc *(Taraxacum)*, matières colorantes, condiments (Estragon).

Enfin, il ne faut pas oublier les très nombreuses espèces et genres ornementaux (voir *Annexe*).

Phylum 17.

Ordre des Sarracéniales.

Le phylum réunit un ordre unique, avec 3 familles dialypétales, thalamiflores, de parenté incertaine : les Népenthacées, les Sarracéniacées et les Céphalotacées. Il s'agit des *plantes carnivores*, ou, plus précisément, insectivores.

	Sarraceniacées 4 *g*, 12 *e*	Nepenthacées 1 *g*, 60 *e*	Cephalotacées 1 *g*, 1 *e*
1.	Marais des régions tempérées et tropicales de l'Amérique du Nord.	Madagascar et îles de l'océan Indien.	Australie du Sud-Ouest.
3.	Herbes vivaces des tourbières ou d'endroits humides, caractérisées par leurs feuilles disposées en rosettes et transformées en pièges à Insectes. Ces feuilles, ou ascidies, ont la forme d'urnes dans lesquelles viennent mourir les Insectes attirés par les liquides qu'elles sécrètent, puis retenus par des poils dirigés vers le fond de l'urne. La décomposition des Insectes est naturelle, aucune enzyme capable de la réaliser n'étant sécrétée par les ascidies.	Arbustes, plus ou moins volubiles, caractérisés par leurs feuilles, dont le limbe se termine par une urne (= ascidie) à opercule. Ces feuilles attirent les Insectes par les liquides sucrés qu'elles sécrètent; arrivés sur le bourrelet qui limite l'ascidie à son sommet, les Insectes glissent et tombent au fond de l'urne; là, ils excitent par leur agitation des glandes qui sécrètent un liquide grâce auquel ils seront décomposés (ce qui est donc différent du cas des Sarraceniacées).	Herbes vivaces, à rhizome, vivant sur des sables chargés d'humus et imbibés d'eau, ou dans les marais. Les feuilles du haut sont elliptiques, celles du bas sont transformées en urnes (= ascidies). On ignore si les Insectes tombés dans les ascidies sont décomposés par des liquides que sécréteraient celles-ci, ou si leur décomposition est naturelle.
4.	*Fl* solitaires ou en grappes, régulières. Périanthe : 8-5 pièces; nombre indéterminé de *É* libres, 5-3 *C*, ovaire supère à placentation pariétale; très nombreux ovules.	Inflorescences : grappes ou cymes. *Fl* régulières, unisexuées; dioïques. Périanthe : 3-4 pièces; *Fl* ♂ : 4-24 *É* réunies en une colonne; *Fl* ♀ : 4 *C* (rarement 3). Placentation axile. Nombreux ovules.	*Fl* régulières. Périanthe : 6 pièces. 12 *É* libres; 6 *C* libres contenant chacun un ovule.
5.	Capsule.	Capsule.	Follicules.
6.	*Sarracenia, Darlingtonia, Chrysamphora, Heliamphora.*	*Nepenthes.*	*Cephalotus follicularis.*

Les familles de Sarraceniales.

● *Famille des Saxifragacées* 70-80 *g*, 1 500 *e*.
1. Cosmopolites. **2.** Éocène supérieur. **3.** Plantes herbacées (annuelles ou vivaces), arbustes, rarement arbres; feuilles alternes en général, souvent en rosette, dépourvues de stipules. **4.** *Fl* en général régulières, du type 5, souvent groupées en grandes inflorescences. Entre 2 et 5 *C*, en général partiellement soudés. **5.** Capsule, follicules ou baie. **6.** Le principal genre est *Saxifraga* (Saxifrage), 300 à 400 espèces. *Ribes* est le Groseillier (150 espèces) : *R. grossularia* est le Groseillier à maquereaux, cultivé; *R. rubrum* est le Groseillier rouge; *R. nigrum* est le Cassis. *Ribes*, arbuste, possède 3 épines épidermiques sous chaque feuille; grappes de fleurs régulières. *Philadelphus coronarius* : faux Jasmin (ornemental). *Hydrangea* : Hortensia (80 espèces).

● *Famille des Rosacées* : 100 *g*, 3 500 *e*.
1. Cosmopolites : plus nombreuses dans l'hémisphère nord. **2.** Crétacé. **3.** Herbes (annuelles ou vivaces, fréquemment rampantes), arbustes souvent épineux ou arbres. Feuilles alternes, pourvues de stipules. **4.** Inflorescences : épis, grappes, corymbes, fleurs solitaires, etc. *Fl* régulières; unisexuées ou polygames. 5 *S* avec parfois un calicule de stipules (et non de bractées); 5 *P* (parfois absents); *É* nombreuses (très souvent : 3 verticilles de 5 *É*); *C* nombreux, séparés ou soudés. Ovules anatropes. Quand les carpelles sont nombreux, ils sont plus ou moins disposés en spirale; peu nombreux, ils sont en verticilles. Entre *É* et *C* : disque à nectar fréquent. **5.** Akène, drupe, baie; plus rarement : capsule, follicules. Graines pratiquement sans albumen (différence avec les Renonculacées). **6.** La classification des Rosacées conduit à distinguer 5 sous-familles, selon le tableau suivant :

Carpelles	Réceptacle		Fruit	Sous-familles	
	Forme	Transformation			
Verticilles de 5 *C*, libres, à plusieurs ovules.	Légèrement plan ou en forme de coupe.	Ne s'accroissant pas au cours de la fructification.	Follicules.	***Spiræoïdées*** (ex. : Spirée)	
2 à 5 *C* soudés, nombreux ovules. Ovaire pluri-loc., le plus souvent soudé au conceptacle.	Creux (= conceptacle).	S'accroissant au cours de la fructification et devenant charnu.	« Faux fruit » charnu = 5 drupes soudées au conceptacle charnu.	***Pomoïdées*** (ex. : Poirier, Pommier, Aubépine).	
Nombreux *C*, 1 ou 2 ovules par carpelle.	Convexe.	S'accroissant plus ou moins au cours de la fructification.	Akène ou drupe.	***Potentillées*** (ex. : Fraisier)	*Rosoïdées*
Environ 10 *C*, 2-ovul.	Plus ou moins plat ou faiblement creux.	S'accroissant plus ou moins au cours de la fructification.	Akène.	***Filipendulées*** (ex. Reine des prés).	*Rosoïdées*
1 à 3 *C* libres, 1-ovul. Fleurs souvent unisexuées, sans *P*.	Creux (= conceptacle), membraneux.	S'accroissant peu au cours de la fructification.	Akène dans le conceptacle sec.	***Sanguisorbées*** (ex. : Aigremoine).	*Rosoïdées*
C nombreux, 1-ovul., disposés plus ou moins en spirale.	Creux (= conceptacle).	S'accroissant au cours de la fructification et devenant charnu.	« Faux fruit » rouge, en forme d'urne (= conceptacle charnu) contenant les akènes.	***Rosées*** (ex. : Églantier).	*Rosoïdées*
5-10 *C* soudés entre eux et avec le conceptacle.	Creux (= conceptable).	Sec à maturité.	Follicules.	***Neuradoïdées***	
1 *C* libre, 2-ovul.	En forme de coupe.	Tombe au cours de la fructification.	Drupes à une graine.	***Prunoïdées*** (ex. : Abricotier).	

Les sous-familles de Rosacées.

Les familles.

Voir le tableau ci-dessus.

Phylum 18.

Ce phylum, avec lequel nous allons terminer l'étude des Dicotylédones, comprend 3 ordres de Dialypétales caliciflores : les Rosales, les Myrtales et les Thymelæales.

Les Rosales.

● *Généralités.* C'est un ordre important dans lequel on groupe une vingtaine de familles. Les Rosales ont des feuilles souvent composées, généralement alternes et pourvues de stipules. Dans la fleur, le nombre de pièces florales par verticille peut ne pas être parfaitement fixé, mais la fleur est la plupart du temps du type 5. Il y a 2 verticilles d'étamines en général, mais on note une tendance fréquente à la multiplication du nombre des verticilles. Les carpelles peuvent être séparés dans les formes primitives, mais ils sont habituellement soudés, l'ovaire étant alors à plusieurs loges et à placentation axile. Enfin, le nombre des carpelles a tendance à diminuer : il n'est plus que de 1 chez les Légumineuses, dont les fleurs sont irrégulières.
Nous décrirons les principales familles de Rosales en commençant par les Rosales archaïques (?).

● *Famille des Hamamelidacées* : 23 *g*, 100 *e*
1. Régions chaudes et tempérées, Europe exceptée; localisations dispersées par ailleurs. **2.** Crétacé moyen. **3.** Arbres ou arbustes à feuilles alternes, pourvues de stipules. **4.** *Fl* quelquefois irrégulières, à périanthe souvent réduit. En général : 4-5 *S* + 4-5 *P* + 2-4-5 à 24 *É*. 2 *C* soudés (2 loges, plusieurs ovules). **5.** Capsule. **6.** Cinq sous-familles (voir *Annexe*). *Hamamelis virginiana* (Noisetier des sorcières) contient un tannin (écorce et feuilles étaient utilisées contre les troubles de la circulation sanguine). *Parrotia persica* donne un *bois de fer* rouge. *Liquidambar orientalis* fournit le styrax officinal (36 % de résine).

● *Famille des Platanacées* : 1 *g*, 8 *e*.
1. Localisations dispersées en Méditerranée orientale et Amérique du Nord. **2.** Crétacé inférieur. **3.** Arbres à feuilles alternes pourvues de grandes stipules. **4.** Inflorescences : capitules globuleux, petits (*Fl* mâles) ou volumineux (*Fl* femelles). Plantes monoïques. Périanthe : 2 verticilles d'écailles poilues. *Fl* ♂ : 3 à 8 pièces + 3 à 8 *É* + rudiment de pistil. *Fl* ♀ : 3 à 5 pièces + 3 à 4 staminodes (étamines stériles) + 1 à 9 *C* isolés, à ovaire supère. **5.** Akènes entourés de nombreux poils raides à leur base. **6.** *Platanus* (Platane).

● *Famille des Crassulacées* : 20 *g*, 1000 *e*.
1. Régions tempérées et chaudes; nombreuses en Afrique du Sud. **3.** Plantes herbacées, installées souvent dans les endroits secs et rocheux. Elles sont plus ou moins charnues et dans ce cas ont des feuilles charnues, simples, dépourvues de stipules. L'adaptation aux climats secs est marquée aussi par la présence d'une couche de cire sur l'épiderme des feuilles, l'enfoncement des stomates, moins nombreux. Les Crassulacées montrent une grande aptitude à la multiplication végétative; un morceau de feuille de *Bryophyllum*, isolé, planté en terre, se couvre de racines et peut engendrer une plante nouvelle. **4.** *Fl* régulières et de type archaïque :

$\infty S + \infty P + (\infty + \infty) É + \infty C$ $(\infty = 3 \text{ à } 30)$.

5. Follicules; graines minuscules et sans albumen. **6.** Voir *Annexe systématique*.



Cl. Bordas / J. B.

Saxifraga cotyledon *(Saxifragacée).*



Cl. Bordas / J. B.

Rosa fragans *ou Rose thé.*

PLANTES DES LIEUX HUMIDES



Nuphar luteum :
Nénuphar jaune
(Nymphéacée)



Eriophorum angustifolium :
Linaigrette
(Cypéracée)



Calla palustris :
Calla des marais
(Aracée)



Butomus umbellatus :
Jonc fleuri
(Alismacée)



Fritillaria meleagris :
Fritillaire pintade
(Liliacée)



Iris pseudacorus :
Flambe d'eau
(Iridacée)



Orchis bifolia
Orchis à 2 feuilles
(Orchidacée)



Nymphæa alba
Nénuphar blanc
(Nymphéacée)



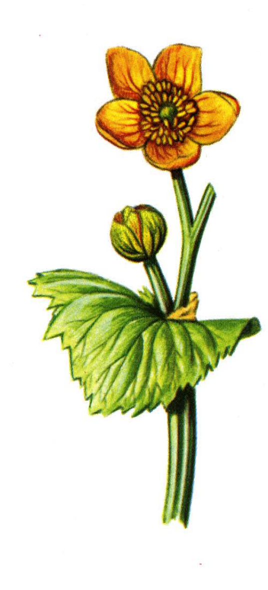
Typha palustris
Massette
(Typhacée)



Parnassia palustris :
Parnassie
(Saxifragacée)



Drosera rotondifolia :
Drosera
(Droseracée)



Caltha palustris :
Populage
(Renonculacée)



Comarum palustre :
Comaret
(Rosacée)

Pour les détails de la classification, voir l'*Annexe systématique*.

● *Les Légumineuses*. Certains auteurs en font un ordre distinct; nous en faisons ici un sous-ordre de l'ordre des Rosales. Elles comprennent trois familles, les Mimosacées, les Césalpiniacées et les Papilionacées. Leur principal caractère commun est leur fruit particulier : un « légume » ou *gousse*, qui provient d'un carpelle unique. Les feuilles des Légumineuses sont en général pennées; elles sont alternes et pourvues de stipules. Les fleurs, généralement réunies en grappes, sont du type 5 et comportent le plus souvent 2 verticilles d'étamines. On distingue les 3 familles (tableau ci-contre) :

Fleurs	Étamines	Ovules	Graines	Familles
Régulières.	En nombre variable.	Anatropes.	Généralement un albumen corné; embryon droit.	***Mimosacées***
Irrégulières.	10 *É* au moins, libres.	Anatropes.	Souvent un albumen; embryon droit.	***Cesalpiniacées***
Irrégulières.	10 *É*, généralement soudées.	Campylotropes.	Pas d'albumen; embryon courbe.	***Papilionacées***

● *Famille des Mimosacées : 50 g, 2 000 e.*
1. Régions chaudes surtout, et régions tempérées. **2.** Turonien. **3.** Généralement : arbres, mais aussi arbustes, lianes et même herbes annuelles ou vivaces. Feuilles pennées (généralement deux fois), rarement simples; folioles se disposant différemment le jour et la nuit; chez certains Acacias d'Australie, les folioles disparaissent et le pétiole s'aplatit suivant un plan vertical, se transformant ainsi en *phyllode* (voir p. 80). Racines à nodosités. **4.** Inflorescences en général compactes. Capitules globuleux, épis. *Fl* régulières et très petites. 5 *S* petits (soudés ou libres). 5 *P*, parfois moins par avortement, très peu soudés ou libres. 10 *É*, libres ou soudées par leurs filets longs et colorés (chez certains Acacias, ces filets forment un tube); leur nombre peut être réduit à 5 (avortement) ou au contraire multiplié (Acacia). Pollen souvent aggloméré en *pollinies* (voir Orchidée).

● *Famille des Cesalpiniacées : 100 g, 2 000 e.*
1. Régions tropicales, peu nombreuses dans les régions tempérées. **2.** Crétacé moyen. **3.** Arbres, arbustes ou lianes. Feuilles pennées (une ou deux fois), rarement simples; folioles se disposant souvent différemment le jour et la nuit. Les racines peuvent ne pas avoir de nodosités. **4.** *Fl* peuvent apparaître jusque sur le tronc (= *cauliflorie*). *Fl* régulières ou irrégulières, parfois unisexuées (par avortement d'une partie). 5 *S* libres ou légèrement soudés; 5 *P* à onglet (parfois moins); 10 *É*, parfois moins par avortement. **5.** La gousse, fruit des Césalpiniacées, est souvent divisée en loges et les graines peuvent être noyées dans une pulpe acide; elles ne s'ouvrent pas à maturité dans certains cas (ex. : *Cassia*).

● *Famille des Papilionacées : 350 g, 10 000 e.*
1. Cosmopolites. **2.** Oligocène-Miocène. **3.** Herbes, surtout annuelles ou vivaces; plus rarement : arbustes, lianes. Les herbes sont fréquemment volubiles et grimpent (par enroulement : Haricot; par des vrilles : Pois). Quelques arbres dans les régions tropicales. Les racines présentent constamment des *nodosités*, c'est-à-dire de petits renflements dont la formation est provoquée par des Bactéries *(Rhizobium)* qui pénètrent à l'intérieur : la plante en détruit une partie, profitant des matières organiques ainsi libérées; les Bactéries prélèvent des glucides fabriqués par photosynthèse, mais procurent en retour à la plante l'azote qu'elles sont capables de puiser directement dans l'atmosphère. C'est là un exemple typique de *symbiose*. Pour cette raison, les Papilionacées sont des plantes « améliorantes » : enfouies dans le sol, elles jouent le rôle d'un engrais azoté. **4.** Inflorescences : généralement grappe ressemblant souvent à un épi, à une ombelle ou à un capitule. *Fl* irrégulières typiques, *en papillons* (d'où le nom de la famille). Réceptacle convexe ou en forme de coupe. 5 *S* plus ou moins soudés. 5 *P* (1 étendard, 2 ailes et 2 *P* antérieurs, rapprochés et même soudés : *carène*). (5 + 5) *É* incluses dans la carène; le plus souvent, leurs filets sont soudés. 1 *C*, ovaire supère contenant un nombre variable d'ovules, sur un ou deux rangs. Cette fleur présente une remarquable adaptation à la *pollinisation par les Insectes* qu'attire le nectar sécrété par des glandes situées à la base et du côté interne des étamines. Quand l'Insecte vient butiner, il se pose sur la carène; les étamines, d'abord pliées, se redressent ensuite brusquement et viennent saupoudrer de pollen la partie ventrale de l'Insecte. Toutefois, la fleur se féconde elle-même dans certains cas; souvent alors, son pédoncule se recourbe vers le sol et y enfonce le fruit (Arachides) qui mûrit sous terre. **5.** La *gousse* peut être intérieurement cloisonnée de façons diverses; elle peut se diviser en *articles* renfermant chacun une graine et ne s'ouvrant pas à maturité, chaque article fonctionnant alors un peu comme un akène; elle est parfois pourvue d'ailes, d'aiguillons, de crochets qui aident à sa dissémination. **6.** La classification des Papilionacées est précisée dans l'*Annexe systématique*.

L'intérêt économique des Légumineuses est bien connu. Voici quelques genres et espèces répandus : Genêts *(Genista)* ; Ajoncs *(Ulex)* ; Trèfle *(Trifolium)* ; Luzerne *(Medicago)* ; la Luzerne cultivée est *M. sativa* ; *Lotus* (fournissant un hétéroside : la *lotusine*); l'Indigo *(Indigo fera)* fournissant une substance tinctoriale; le Sainfoin *(Onobrychis sativa)* ; l'Arachide *(Arachis)* ; les cacahuètes sont les graines, riches en huile, d'*A. hypogæa*; la Vesce *(Vicia)*; la Lentille *(Lens)* ; le Pois *(Pisum* ; le Pois cultivé est *Pisum sativum* ; plusieurs variétés, dont le Mangetout, qui n'est pas nécessairement un « Haricot »); la Glycine; le Haricot *(Phaseolus)*.

Ordre des Myrtales.

● *Généralités*. Cet ordre réunit des plantes dont les feuilles sont dépourvues de stipules (au contraire des Rosales) et dont les fleurs, généralement régulières, tendent vers le type 4. Ces fleurs ont les carpelles soudés; dans l'ovaire, habituellement infère, libre ou soudé au conceptacle, la placentation est généralement axile. La graine est dépourvue d'albumen. La répartition des familles de cet ordre est donnée dans l'*Annexe systématique*.

● *Famille des Lythracées : 20-30 g.*
1. Régions chaudes et humides, 9 espèces en France. **3.** Plantes essentiellement herbacées; quelques arbustes ou arbres. **6.** *Lythrum salicaria* (Salicaire) est une plante herbacée vivace des lieux humides, à feuilles opposées ou par verticilles de 3. La poudre de *Lawsonia inermis* donne le *henné* (colorant rouge utilisé pour teindre les cheveux et les ongles chez certains peuples).


Cl. Gil Carles.

Genista scoparius *(Genêt à balai) : la forme des pétales évoque les ailes d'un Papillon.*

● *Famille des Sonneratiacées : 2 g, 10 e.*
1. Océan Indien, îles de la Sonde. **6.** Les *Sonneratia* sont des arbres de la mangrove, intéressants par leurs « racines respiratoires » dressées au-dessus de l'eau.

● *Famille des Punicacées : 1 g, 2 e.*
6. C'est la famille du *Punica granatum* (Grenadier), arbuste souvent épineux de la région méditerranéenne, à grandes fleurs rouges de formule : 4 à 8 *S* + 4 à 8 *P* + ∞ *É* + 2 verticilles de *C*. La grenade est un faux fruit dont l'enveloppe est la paroi, coriace, du conceptacle; le tégument externe, charnu, des graines est comestible.

● *Famille des Rhizophoracées : 20 g, 100 e.*
1. Mangroves, surtout dans l'Ancien Monde. **3.** Arbres ou arbustes remarquables par leur système de racines, souvent des « racines échasses » assurant leur fixation dans le sol vaseux et pourvues d'innombrables lenticelles permettant la respiration. Les racines échasses proviennent des rameaux et sont donc des racines adventives. D'autres Rhizophoracées ont des racines respiratoires dressées verticalement. **4.** Ovaire 2-6 locul.; 2 ovules par loge. **5.** La graine germe, en général, alors que le fruit est encore sur l'arbre; la partie située sous les cotylédons s'allonge et la racine peut ainsi arriver jusque dans la vase, mais souvent le fruit tombe et la plantule se fiche dans la vase par sa racine, comme un pieu. **6.** Les Palétuviers (Mangliers) correspondent au genre *Rhizophora*.

● *Famille des Lecythidacées : 24 g, 150 e.*
1. Régions tropicales. **3.** Arbres ou arbustes. **4.** Nombreuses *É*, soudées entre elles à la base. **6.** *Lecythis* a comme fruit une grosse capsule (« Marmite de singe ») à grandes graines, souvent comestibles. *Bertholletia excelsa* a des graines riches en huile et en protides (noix de Para ou noix du Brésil, comestibles).

● *Famille des Combretacées : 20 g, 600 e.*
1. Régions tropicales. **3.** Arbres ou arbustes; rarement lianes. **4.** Ovaire 1-locul.

● *Famille des Myrtacées : 100 g, 3 500 e.*
1. Régions tropicales et tempérées chaudes. **2.** Crétacé supérieur. **3.** Arbres, moins souvent arbustes, à feuilles opposées, coriaces, dépourvues de stipules. Des poches à essences. **4.** *Fl* régulières, de type 4 ou 5. *É* ramifiées, ou bien nombreuses *É* libres, disposées sans ordre apparent, ou encore bouquets d'étamines. Autant de *C* que de *S* ; ovaire infère, plus ou moins soudé au conceptacle, généralement pluri-loc. et contenant de nombreux ovules. **5.** Fruit : baie dont la partie charnue est constituée par la paroi du conceptacle (Myrtoïdées) ou capsule (Leptospermoïdées). **6.** *Myrtus* (Myrtes) : *M. communis* (Myrte commun) est un arbuste des régions méditerranéennes; fruit comestible; à partir des feuilles ou des fleurs, on obtient l'*eau de Myrte* utilisée en parfumerie. *Pimenta officinalis* (Piment des Anglais ou Poivre de la Jamaïque, appelé encore *Quatre-épices*) : l'appellation *Quatre-épices* évoque l'odeur et la saveur qui rappellent à la fois celle du Poivre, de la Girofle, de la Cannelle et de la Muscade (avec lesquels il ne faut pas confondre le Piment des Anglais); *Eugenia uniflora* (Cerisier de Cayenne) : fruit comestible; *Jambosa caryophyllus* : les boutons floraux séchés sont les *clous de Girofle*. Du genre Eucalyptus on tire divers produits dont l'*eucalyptol (E. globulus)*.

● *Famille des Melastomacées : 150 g, 4 000 e.*
1. Régions tropicales (principalement Amérique). **3.** Herbes, arbustes ou arbres, rarement lianes. Pas de poches à essences.

● *Famille des Onagracées : 20-30 g, 650 e.*
1. Régions tempérées humides; surtout américaines. **3.** Plantes herbacées en général. **4.** En général, 4 *C*. **6.** *Œnothera* = Onagres; nombreuses plantes ornementales (*Clarkia, Fuchsia*, etc.).

● *Famille des Hydrocaryacées : 1 g.*
1. Europe, Asie. **3.** Plantes herbacées aquatiques à feuilles flottantes et à feuilles submergées. **4.** 2 *C*. **6.** *Trapa natans* (Macre) : feuilles supérieures en losanges, feuilles inférieures en lanières. Le fruit est la châtaigne d'eau ou noix d'eau, épineuse, comestible.

● *Famille des Halorrhagidacées : 6 g, 160 e.*
1. Régions tempérées et tropicales, surtout dans l'hémisphère sud. **3.** Plantes herbacées, souvent aquatiques. **6.** *Myriophyllum* : feuilles en lanières; les inflorescences en épis, seules, s'élèvent au-dessus de l'eau.

● *Familles des Hippuridacées et des Callitrichacées* : ce sont des plantes aquatiques; citons *Hippuris vulgaris* (Pesse d'eau) et *Callitriche* (fleur apétale).

Ordre des Thymelæales.

Les plantes de cet ordre se distinguent des Myrtales par l'absence de corolle; elles ont par contre souvent un calice à aspect de corolle, portant plus ou moins haut des écailles interprétées souvent comme des pétales. *Fl* de type 4. Les familles de cet ordre (Thymélacacées et Élaeagnacées) sont décrites dans l'*Annexe systématique*.

Compléments sur les Roses.

L'histoire des Roses cultivées est un bel exemple de l'action de l'homme sur la nature. Les innombrables Roses sauvages, qui poussent un peu partout dans l'hémisphère nord, sont de petites fleurs banales comme *Rosa canina* (Églantine des haies), ainsi nommée parce que ses racines passaient pour guérir la rage; les botanistes ont identifié plus de 100 espèces du genre *Rosa*. Parmi elles, l'homme a d'abord isolé *Rosa gallica*, la Rose gallique, qui, cultivée par les horticulteurs de l'Antiquité, en Orient comme en Grèce, croisée avec d'autres espèces, a été la souche de la plupart des Roses de jardin jusqu'au XVIIIe s. Parmi les principales variétés qui en descendent, citons : les Roses Provins (importées d'Orient en Provence par les croisés), les Roses de Damas ou les Roses cent-feuilles, qui furent toutes connues des Anciens. Du Moyen Age au XVIIIe s., en Occident, sont cultivées de multiples variétés issues des Roses galliques : Roses moussues, Roses pompons, Roses des Portland. A partir de la fin du XVIIIe s., les Roses d'Orient sont introduites en Europe (en particulier les Roses thé et les Roses du Bengale); croisées avec les Roses galliques, elles donnent naissance à toutes les Roses modernes auxquelles les rosiéristes ont l'habitude, depuis le début du XIXe s., de donner les noms des personnages (hommes ou femmes) qu'ils veulent honorer. De nos jours, les variétés cultivées ne se comptent plus : il y a un abîme entre l'Églantine des haies et les Roses multicolores aux formes les plus précieuses, qui sont devenues le symbole de la beauté végétale.

PAR LES PRAIRIES DE PLAINES ET LES SOUS-BOIS



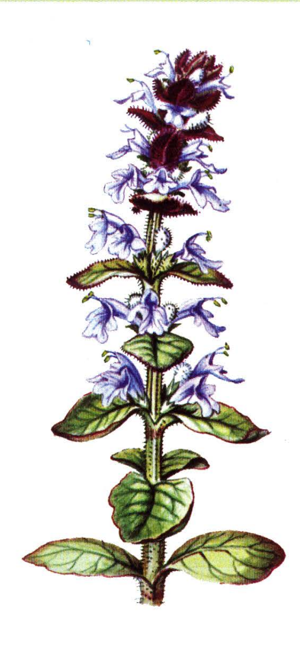
Primula officinalis :
Primevère officinale = Coucou
(Primulacée)



Salvia pratensis :
Sauge des prés
(Labiée)



Stachys betonica
(= Betonica officinalis) :
Bétoine officinale = Bétoine pourpre
(Labiée)



Ajuga reptans :
Bugle rampante
(Labiée)



Une Orobanche (Orobanchacée),
plante parasite, sans chlorophylle



Myosotis silvatica :
Myosotis des bois
(Boraginacée)



Chrysanthemum leucanthemum :
Marguerite des prés
(Composée)



Taraxacum officinale :
Pissenlit = Dent-de-Lion
(Composée)



Achillea millefolium :
Achillée millefeuille
(Composée)



Centaurea cyanus :
Bleuet (ou Bluet) des champs
(Composée)



Bellis perennis :
Pâquerette = Petite-Marguerite
(Composée)



Knautia arvensis :
Knautie des champs
(Dipsacacée)



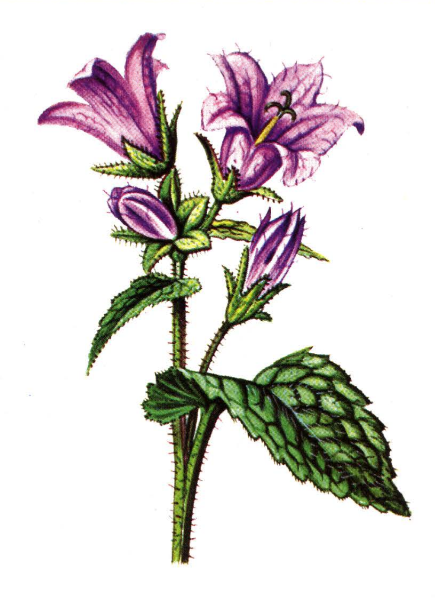
Tragopogon pratensis :
Salsifis des prés
(Composée)



Centaurea scabiosa :
Centaurée scabieuse
(Composée)



Lamium galeobdolon :
Lamier jaune (improprement Ortie jaune)
(Labiée)



Campanula latifolia :
Campanule à feuilles larges
(Campanulacée)



Phyteuma nigrum :
Raiponce noire
(Campanulacée)



Sanicula europæa :
Sanicle d'Europe
(Ombellifère)



Galium aparine :
Gaillet gratteron
(Rubiacée)

Lathyrus macrorhizus (= Orobus tuberosus) :
Gesse à tiges renflées = Orobe
(Papilionacée)



Monotropa hypopitys :
Monotrope suce-Pin (sans chlorophylle)
(Pyrolacée)



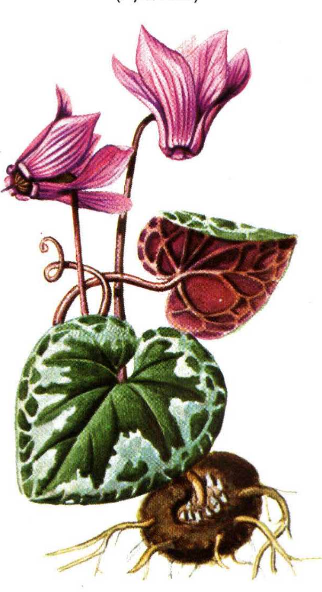
Viola silvestris :
Violette-des-bois
(Violacée)



Pulmonaria officinalis :
Pulmonaire officinale
(Bor aginacée)



Corydallis bulbosa :
Corydalle bulbeuse
(Fumariacée)



Cyclamen europæum :
Cyclamen d'Europe = Pain-de-pourceau
(Primulacée)



Campanula persicæfolia :
Campanule à feuilles de Pêcher
(Campanulacée)

LES MONOCOTYLÉDONES.

Le principal caractère des Monocotylédones est, comme leur nom l'indique, l'existence d'un seul cotylédon sur leur plantule. Ces plantes présentent en outre plusieurs autres particularités communes qui définissent le « type d'organisation » monocotylédone, comme l'indique le tableau ci-dessous :

Plantule.

● 1 cotylédon ayant en apparence une position terminale et engainant toujours la gemmule ; racine principale disparaissant assez tôt, comme l'axe hypocotylé (s'il existe).

● Si la graine est exalbuminée, la germination est simple : le cotylédon engaine la première feuille, qui engaine la suivante, et ainsi de suite.

● Si la graine est albuminée, une pièce médiane relie la graine au sommet de la première feuille de la plantule ; ce cordon peut être très court, inexistant même (Graminées) ou au contraire très long (3-4 m chez certains Palmiers). Ce cordon médian est interprété comme un *pétiole foliaire*. On a donc les homologies suivantes : cotylédon = gaine (cotylédon proprement dit) + cordon médian = pétiole + suçoir = limbe.

Anatomie.

● Faisceaux vasculaires de la tige dispersés, plus petits vers la périphérie ; en général, pas de cambium à l'intérieur des faisceaux. Accroissement en épaisseur faible dû à un cambium *extra fasciculaire*. L'absence de formations secondaires typiques est le fait anatomique le plus remarquable.

● Feuilles très généralement à nervation parallèle et rarement pétiolées

Organes reproducteurs.

● Fleurs à préfeuille unique, habituellement de type 3 ; calice et corolle rarement différenciés.

● Forme et structure des grains de pollen caractéristiques.

● Appareil à nectar rarement en disque.

Le type d'organisation monocotylédone.

On peut estimer que les Monocotylédones sont passées par des stades évolutifs comparables à ceux que nous avons décrits chez les Dicotylédones : des fleurs à pétales séparés aux fleurs à pétales soudés, à l'intérieur desquels on trouve des carpelles nombreux et libres, disposés en spirales, puis moins nombreux et soudés, avec un ovaire d'abord supère, finalement infère, contenant des ovules à nucelle volumineux au début, réduit ensuite comme chez les Gamopétales (Dicotylédones). Toutefois ces étapes évolutives sont moins nettes que chez les Dicotylédones.

Dans le cadre général de la classification que nous avons indiquée p. 90, les Monocotylédones peuvent être réparties en trois groupes : les Hélobiées (phylum 13), les Spadiciflores (phylum 14, qui comprend une petite branche de Dicotylédones : l'ordre des Pipérales) et les Liliiflores (phylum 15).

Phylum 13 : les Helobiées.

Le phylum des Hélobiées, ou Fluviales, est représenté par des plantes herbacées aquatiques dont les feuilles sont encore souvent pourvues de stipules. Ces plantes conservent les caractères primitifs qui ont amené, à tort, à les considérer comme les ancêtres des autres Monocotylédones. Dans les fleurs de beaucoup d'entre elles, par exemple, les étamines et les carpelles sont en nombre élevé ; *les carpelles ne sont pas soudés*. Les Hélobiées ont des graines dépourvues d'albumen. Elles sont proches parentes des Polycarpiques, surtout par la famille des Alismatacées (voir ci-dessous). A l'intérieur des Hélobiées on distinguera deux ordres : les Alismatales et les Potamogétonales, qui diffèrent par une particularité de leurs carpelles. On leur annexe souvent l'ordre des Triuridales.



Cl. Jacques Six.

Elodea canadensis *(Élodée ou Peste d'eau) : introduite en Europe en 1836, elle a envahi en un siècle nos canaux et nos cours d'eau.*

	Butomacées 6 *g*, 9 *e*	Hydrocharitacées 15 *g*, 100 *e*	Alismatacées 13 *g*, 90 *e*	Juncaginacées 4 *g*, 15 *e*	Scheuchzeriacées 1 *g*, 1 *e*	Aponogetonacées 1 *g*, 40 *e*
1.	Hémisphère nord ; un genre dans l'hémisphère sud.	Cosmopolites (sauf régions polaires).	Régions chaudes et tempérées.	Régions tempérées.	Régions tempérées et froides (France comprise).	De l'Afrique tropicale et du sud à l'Asie du Sud-Est ; Australie du Nord-Est ; Nouvelle-Guinée.
3.	Herbes des lieux humides ou plantes aquatiques à rhizomes. (voir p. 119) unisexuées (di- ou monoécie) ; rarement ♂.	Plantes herbacées aquatiques, flottantes ou submergées. Multiplication végétative très importante (boutures, bourgeons).	Plantes herbacées plus ou moins aquatiques.	Herbes des régions humides.	Herbes des tourbières à Sphaignes.	Plantes aquatiques.
4.	Inflorescences rappelant celles des Amaryllidacées et de certaines Liliacées. 6 à ∞ *É* (rarement 5). 3 à ∞ *C*, pluri-ovul. ; ovaire supère (la placentation rappelle celle des Nymphæacées).	*Fl* solitaires ou en cymes, entourées d'une *spathe* (1 à 5) × 3 *É*. 2 à 15 *C* soudés ; ovaire infère.	(1 à ∞) × 3 *É*. (2 à ∞) × 3 *C* séparés, généralement uni-ovul. ; ovaire supère.	3 *S* + 3 *P* à aspect de *S*. Ovaire supère.	Ovaire supère.	6-12 *É*. 3-6 *C* pluri-ovul. Ovaire supère.
5.	Follicules.	Baies.	Akènes ou follicules.	Akènes.		
6.	*Butomus umbellatus* = Jonc fleuri. Port de Jonc. Bord des cours d'eau, endroits marécageux.	Plantes d'aquarium. *Stratiotes aloides* : flotte à l'époque de la floraison, puis s'enfonce dans l'eau pour se fixer et mûrir ses fruits. *Vallisneria spiralis* = Vallisnérie : originaire d'Amérique, a envahi les cours d'eau européens. Plantes dioïques submergées ; les *Fl* ♂ se détachent de la spathe (qui en abrite plus de 1 000 toutes petites), montent à la surface où elles s'épanouissent : leur pollen flotte en masses compactes. A ce moment-là le pédoncule des fleurs ♀, solitaires, s'allonge considérablement et amène celles-ci à leur tour à la surface de l'eau : une fois les *Fl* ♀ fécondées, leur pédoncule s'enroule en spirale et les ramène au fond où les fruits sont mûris. *Helodea canadensis* = Élodée = Peste d'eau. Originaire d'Amérique, a envahi les cours d'eau européens. Pollinisation rappelant celle des Vallisnéries. Utilisée comme engrais, comme nourriture pour le bétail.	*Alisma plantago* = Plantain d'eau. Feuilles immergées en ruban ; feuilles aériennes à long pétiole et limbe un peu en forme de cœur à la base. 3 *S* verts, 3 *P* blanc rosé, 6 *É*, ∞ *C*. *Sagittaria sagittifolia* = Sagittaire (ou Fléchière). Feuilles immergées en ruban ; feuilles flottantes : limbes en forme de cœur ; feuilles aériennes : limbes en forme de fer de flèche.	Voir *Annexe systématique*.	Voir *Annexe systématique*.	Voir *Annexe systématique*.

Les familles d'Alismatales.

Ordre des Alismatales.

● *Cet ordre compte 6 familles* (voir ci-dessus) ; leur caractère commun est d'avoir un gynécée formé de carpelles jamais peltés. En général un calice et une corolle. Par leur aspect, les Alismatales rappellent les Renonculacées.

Ordre des Potamogetonales.

● *Cet ordre comprend 7 familles* (voir tableau page ci-contre) ; les carpelles sont *peltés* dès la naissance (différence avec les Alismatales). Généralement ni calice, ni corolle. Inflorescences généralement en épis. Ce sont des plantes aquatiques, le plus souvent entièrement immergées.

	Potamogetonacées 1 *g*, 100 *e*	Ruppiacées 1 *g*, 1 *e*	Lilaeacées 1 *g*, 1 *e*	Zosteracées 2 *g*, 8 *e*	Posidoniacées 1 *g*, 2 *e*	Zannichelliacées 4-9 *g*, 15 *e*	Najadacées 1 *g*, 40 *e*
1.	Certaines sont presque cosmopolites.	Cosmopolite (sauf régions arctiques).	Marais de la Californie à l'Argentine.	Côtes des régions tempérées, surtout dans l'hémisphère nord.	Côtes méditerranéennes et atlantiques ; côtes du sud de l'Australie.	Régions tropicales et tempérées ; cosmopolites.	Cosmopolites.
3.	Herbes aquatiques.	Herbe des eaux saumâtres ou salées.	Herbe à rhizome court.	Herbes marines (« prairie sous-marine »), à rhizomes ; longues feuilles en ruban.	Herbes marines à rhizomes ; feuilles rubanées.	Herbes des eaux douces ou salées.	Herbes des eaux douces ou saumâtres.
4.	*Fl* de type 4, à périanthe rudimentaire. 1 ovule par *C*.	Périanthe nul ; 2 *É* seulement.	Périanthe rudimentaire ou nul. 1 *É* ; 1 *C* contenant 1 ovule.	Épis aplatis, enveloppés d'une grande spathe avant la floraison. *Fl* unisexuées. Périanthe quasiment nul. 1 *É* (*les grains de pollen* ont la forme de fils). 1 *C* avec 2 stigmates ; uni-ovul.	Plantes polygames (voir p. 82) à fleurs en épis. 3-4 *É* (*les grains de pollen* sont filiformes). 1 *C* contenant 1 ou 2 ovules.	*Fl* solitaires ou en cymes, unisexuées (monoïques ou dioïques). Périanthe nul ou rudimentaire. 1-3 *É* soudées (*grains de pollen* globuleux ou en forme de fils). 1-9 *C* contenant chacun un ovule.	*Fl* unisexuées (en général : plantes monoïques). 1 *É* à anthère curieuse. 1 *C* contenant un ovule.
5.	Akène.			Akène.	Baie.		Akène.
6.	*Potamogeton* (= Potamots) ; peuvent former de véritables « prairies ».			*Zostera* = Zostères. Les prairies qu'elles forment, ou *herbiers*, sont très importantes pour les Poissons (lieu de ponte). Les feuilles des Zostères sont utilisées comme engrais, litières ou matériel d'emballage (crin végétal).	*Posidonia* = Posidonies. Les fibres de leurs feuilles, en se désagrégeant, s'agglomèrent en *pelotes marines*. Ces feuilles, jetées sur la côte, forment la « paille de mer » (engrais, matériel d'emballage).	*Zannichellia*, *Cymodocea*.	*Najas* = Naïades.

Les familles de Potamogetonales.

Phylum 14 : les Spadiciflores.

Rappelons que ce phylum comprend aussi l'ordre des Pipérales (voir ci-dessus p. 109). Les plantes de ce phylum sont caractérisées par leur inflorescence, le *spadice*, épi à axe épais dont les fleurs sont enveloppées d'une ou plusieurs bractées protectrices, les *spathes*. Les fleurs présentent souvent une structure dégradée. Les graines renferment un albumen. Les Spadiciflores sont réparties en 4 ordres : les Arales et les Pandanales, qui ont beaucoup d'affinités, les Palmales et les Cyclanthales, également très proches.

Ordre des Arales.

● *Généralités*. Herbes parfois très grandes, lianes ou plantes minuscules (famille des Lemnacées, par exemple). Ces plantes ont souvent des laticifères ; des feuilles lobées, composées. Les fleurs sont petites, parfois même minuscules, en spadices simples entourés d'une spathe non ligneuse. Elles sont hermaphrodites avec ou sans périanthe ; ou bien encore unisexuées et sans périanthe (généralement monoïques). Le fruit est charnu (baie) ; la graine peut comporter de l'albumen. Deux familles : les Aracées et les Lemnacées.



Cl. Bordas / J.B.

Zantedeschia æthiopica ***ou « Arum » des horticulteurs.***

● *Les familles d'Arales.*

	Aracées 100 *g*, 1 500 *e*	Lemnacées 4 *g*, 20-30 *e*
1.	Régions chaudes essentiellement, Amérique du Sud et Indo-Malaisie.	Cosmopolites.
3.	Plantes herbacées des régions humides ou marécageuses, vivaces par leurs rhizomes, plus ou moins tuberculeux ou bulbeux. Les Aracées peuvent avoir une tige ligneuse ou charnue, être grimpantes ou vivre sur d'autres plantes, possédant alors des racines aériennes capables d'absorber la vapeur d'eau atmosphérique. Les feuilles, de formes variées, rendent certaines espèces ornementales ; elles ont souvent des stipules. Cellules à essences, canaux à résine, laticifères.	Plantes aquatiques et de très petite taille (= « Lentilles d'eau »). Flottantes ou immergées, elles sont constituées de tiges à aspect de feuilles, formant des chaînes enroulées, sans racines ou à racines rudimentaires : ce sont des sortes de « thalles » s'agrandissant par bourgeonnement.
4.	La spathe entourant le spadice est souvent colorée, d'où son intérêt ornemental. Sur le spadice, qui est charnu et souvent en forme de massue, les fleurs sont très petites ; le périanthe, quand il est présent, comporte généralement 2 × 3 pièces à aspect de pétales ; (2 × 2) ou (2 × 3) *É* en général, souvent soudées à la base, mais nombreuses variations ; 1, 2 ou 3 *C* pluri-ovul., à ovaire supère (les ovules ont un nucelle réduit).	Les fleurs se forment latéralement dans des poches : une spathe rudimentaire entoure deux *Fl* ♂ et une *Fl* ♀ dépourvues de périanthe. 1 *É*, 1 *C*.
5.	Le plus souvent baie renfermant des graines avec ou sans albumen charnu (non « farineux »).	Fruit du type akène. Graines à albumen amylacé (= « farineux »).
6.	Voir ci-dessous et *Annexe systématique*.	*Lemna* = Lentilles d'eau. Voir aussi *Annexe systématique*.

● *Renseignements complémentaires*. Il y a 8 sous-familles d'Aracées (voir *Annexe systématique*). Le genre le plus intéressant est *Arum* (sous-famille des Aroïdées), dont l'espèce *A. maculatum* est communément appelée Pied-de-veau. Fréquent au printemps, dans les endroits humides, le Pied-de-veau est vivace par son tubercule, qui porte un bouquet de feuilles au limbe tacheté de noir. Sur le spadice, les fleurs femelles sont en bas ; vers le haut, elles sont réduites. Séparées d'elles, et plus haut encore, on trouve les fleurs mâles, surmontées à quelque distance par des fleurs mâles stériles. Ainsi constitué, le spadice entouré de sa spathe est adapté à un mode curieux de pollinisation. La spathe a la forme d'un cornet rétréci au niveau où sont attachées les fleurs mâles stériles : quand un Insecte pénètre dans le cornet, attiré par l'odeur putride qui s'en exhale, il plie facilement ces fleurs stériles, inclinées vers le bas, et tombe au fond ; mais, quand il cherche à en sortir, il ne peut redresser les fleurs qui lui barrent le chemin, formant un piège grillagé dans lequel il va rester en vie suffisamment longtemps pour pouvoir emporter le pollen des fleurs mâles fertiles. En effet, les fleurs femelles sont mûres avant les fleurs mâles (l'Insecte peut les féconder s'il provient d'un *Arum* dont les fleurs mâles étaient déjà mûres) ; quand les fleurs mâles mûrissent, les fleurs stériles qui fermaient le piège se flétrissent et finissent par libérer l'Insecte : celui-ci, en s'envolant, se frotte aux fleurs mâles et emporte leur pollen. Ils pourront ainsi féconder des fleurs femelles sur un autre pied. Les fruits de l'*Arum* sont des baies rouges.



Cl. Latis.

Arum italicum ***(Aracées).***

SPADICIFLORES : LES PALMIERS

Ordre des Pandanales.

● *Généralités.* Plantes en majorité ligneuses et tropicales (famille des Pandanacées), ou herbacées et aquatiques (Sparganiacées, Typhacées). Feuilles simples, pas de laticifères ; fleurs en spadices dépourvus de spathes, unisexuées, avec ou sans périanthe. Les plantes sont en général dioïques. Le fruit est charnu (baie ou drupe), parfois sec ; graines à albumen.

● *Les familles de Pandanales* sont présentées dans le tableau ci-contre.

	Pandanacées 3 *g*, 300 *e*	**Sparganiacées** 1 *g*, 20 *e*	**Typhacées** 1 *g*, 15 *e*
1.	Régions tropicales de l'Ancien Monde (principalement : Indo-Malaisie).	Régions tempérées et froides de l'hémisphère nord ; Australie et Nouvelle-Zélande.	Régions tempérées et chaudes.
3.	Arbres parfois grands (30 m environ), à port de Palmier, ou encore arbustes ou lianes (généralement à racines aériennes).	Plantes herbacées aquatiques (marais).	Plantes herbacées aquatiques (marais).
4.	*Fl* ♂ : souvent plusieurs *É*. *Fl* ♀ : ∞ *C* libres ou soudés, pluri-ovul, avec ou sans périanthe.	Inflorescences en glomérules (globuleux). *Fl* ♂ : 3 × (2-8) *É*. *Fl* ♀ : 1-2 *C* (rarement 3). Périanthe de 3 ou 6 pièces.	Inflorescences en épis cylindriques. *Fl* ♂ : 2-5 *É* (rarement 1). *Fl* ♀ : 1 *C* uni-ovul. Pas de périanthe.
5.	Baies ou drupes (fruits composés). Graines à albumen huileux, charnu (non farineux).	Drupe ou noix. Graines à albumen et périsperme.	Fruit sec. Graines à albumen amylacé (farineux) ; mince périsperme.
6.	Voir *Annexe systématique*.	Voir *Annexe systématique*.	Voir *Annexe systématique*.

Les familles de Pandanales.

Ordre des Palmales.

● *Généralités.* Arbres à port de Palmier. Feuilles à nervures pennées ou palmées, se déchirant au niveau des nervures secondaires. Fleurs généralement en spadices composés, avec une spathe générale et des spathes secondaires ; souvent unisexuées. Formule florale (généralement) : 3 *S* + 3 *P* + (3 + 3) *É* + 3 *C* séparés ou soudés, uni-ovul. (en général, un seul *C* est fertile).

Fruit charnu (baie ou drupe). Graines à albumen volumineux, généralement huileux (fréquemment corné). Trois familles : les Palmacées, les Phytéléphasiacées et les Nipacées. Pour ces deux petites familles (4 genres dans la première, un genre et une espèce dans la seconde), voir l'*Annexe systématique*.

● *Famille des Palmacées :* plus de 200 *g*, 4 000 *e*. **1.** Régions chaudes et tempérées. Sur la côte d'Azur, existence du Palmier nain *(Chamærops humilis)*. **2.** Fin du Jurassique ; probablement famille plus ancienne. **3.** Le tronc non ramifié des Palmiers s'appelle un *stipe*. Il peut atteindre une grande hauteur (80 m dans le cas des Cocotiers). Le stipe est quelquefois très court, plus ou moins bulbeux ; d'autres fois, c'est une véritable liane (qui peut atteindre alors près de 300 m de long). Enfin il arrive que le stipe soit pourvu de racines-échasses et de pneumatophores (adaptation aux régions marécageuses). Les faisceaux conducteurs de sève sont plus nombreux sur le pourtour du stipe, qu'ils rendent plus dur. Avec la sève sucrée de certains Palmiers, on prépare par fermentation un *vin de Palme*. Les feuilles sont caractéristiques ; elles sont attachées en hélice sur le stipe qui est couvert des cicatrices laissées par elles. En général, les feuilles forment un bouquet au sommet. Elles sont toujours très grandes (leur limbe atteint 15 m chez des *Raphia*), comportent un long pétiole formant gaine à la base. A l'origine, le limbe est entier, plissé le long des nervures ; il se déchire ensuite le long des plis. La feuille est finalement pennée ou en éventail ; elle vit plusieurs années. **4.** Les spadices apparaissent au sommet du stipe ou à l'aisselle des feuilles ; ils se forment longtemps à l'avance à l'intérieur du stipe : la floraison peut être préparée pendant plusieurs années. Selon les espèces, les Palmiers fleurissent plusieurs fois dans leur existence, ou seulement une fois, peu avant la fin de leur vie. Dans ce dernier cas, le spadice est généralement énorme. Le spadice est le plus souvent composé. Il est ramifié en grappe, chaque ramification étant entourée d'une spathe et le tout enveloppé dans une spathe générale qui n'est jamais aussi colorée que celle des Aracées, par exemple. Les fleurs n'ont pas de pédoncule. Elles sont rarement hermaphrodites ; le plus souvent, une partie avorte. Il arrive qu'il y ait polygamie (voir p. 82). Sur les Cocotiers, les fleurs mâles sont généralement au sommet du spadice, les fleurs femelles à la base (monoécie) ; les fleurs mâles s'épanouissent les premières. Les Dattiers sont mâles ou femelles (dioïques) : il faut secouer des inflorescences mâles sur un pied femelle pour le féconder. Le périanthe a 3 + 3 pièces, libres ou soudées ; il existe 2 × 3 *É* parfois soudées à la base (rarement moins, souvent plus, et même plus de 100). 3 *C* généralement libres renfermant chacun un ovule : l'ovaire est supère, triloculaire. Habituellement, 2 *C* avortent et le fruit ne renferme qu'une seule graine. **5.** Ce fruit est une baie ou une drupe, à une seule graine ; il est souvent couvert d'écailles. La plantule est entourée d'un volumineux albumen, charnu et oléagineux, ou corné. **6.** Quatre sous-familles : les Coryphoïdées, les Borassoïdées, les Céroxyloïdées et les Lépidocaryoïdées (voir ci-dessous).

● *Renseignements complémentaires.* La famille des Palmacées est extrêmement importante du point de vue économique.

— Coryphoïdées. *Phœnix* est le Dattier ; *Phœnix dactylifera* est le Dattier cultivé. Feuilles pennées ; fruit charnu ; ce qui paraît être son *noyau* est l'albumen corné. Bourgeon terminal : chou-palmiste. *Chamærops humilis* est le Palmier nain ou Palmier éventail, avec ses feuilles caractéristiques. Les fibres du pétiole donnent un crin végétal (il en est de même pour *Trachycarpus excelsa* qui donne le *crin du Japon*). *Corypha :* certaines espèces donnent des sagous (fécules). *Copernicia cerifera* est le Palmier à cire (Brésil). La cuticule épaisse des feuilles et des jeunes pousses donne la *cire de Carnouba* (utilisée pour la fabrication du papier carbone, de cirages et de vernis, de peintures et en maroquinerie).

— Borassoïdées. *Borassus* (Ronier) donne un vin de palme et, à partir de l'albumen corné de sa graine, un *corozo* (substance très dure dont on fait notamment des boutons) ; on parle aussi « d'ivoire végétal ». *Lodoicea seychellarum* est le Cocotier des Maldives. Son fruit (« cul de négresse ») est le plus gros fruit de Palmier (voir photographie p. 31).

— Ceroxyloïdées. La moelle d'*Arenga saccharifera* donne un sagou. *Ceroxylon* est le Palmier à cire du Pérou. *Areca catechu* est le Cachou (Aréquier). Les cachous sont obtenus à partir de ses graines (son fruit est la noix d'arec). Les graines sont mélangées au bétel (voir *Piper*) en Extrême-Orient (substance masticatoire). Le bourgeon terminal est un chou-palmiste. *Elaeis guineensis* est le Palmier à huile. Du péricarpe du fruit est extraite l'huile de Palme (margarine, savon) ; de l'albumen de la graine : l'huile de palmiste. *Cocos* est le Cocotier. *Cocos nucifera* est le Cocotier commun. La noix de coco est le noyau du fruit (une drupe), encore plus ou moins enveloppé de son péricarpe fibreux ; de ce péricarpe (qu'on appelle le *coir*), on tire une filasse, le *caire* ou fibre de coco, dont on fait des cordages, des brosses, des tapis, des étoffes grossières. La *noix de coco* n'est transportée que sur de courtes distances par les courants marins, contrairement à ce que l'on croyait : c'est l'homme qui aurait propagé le Cocotier. On n'a jamais vu germer de noix de coco échouées sur les plages, contrairement à une opinion très répandue. L'albumen de la graine mûre est blanc, mou, riche en huile : c'est le coprah (beurre, huile de coco) ; à l'intérieur, si la graine n'est pas mûre, l'albumen est liquide *(lait de coco)*. La jeune inflorescence est un chou-palmiste.

— Lépidocaryoïdées. *Raphia ruffia* est le Raphia qui fournit des fibres (le raphia) et un vin de palme. *Calamus rotang* est le Rotang dont les tiges donnent le *rotin*. *Dæmonorops draco* est le Sang-dragon (Insulinde). Il donne une gomme-résine rouge, extraite des écailles recouvrant le fruit (sang-dragon). D'autres arbres donnent du sang-dragon (*Pterocarpus*, qui est une Papilionacée, et *Dracæna*, qui est une Liliacée).

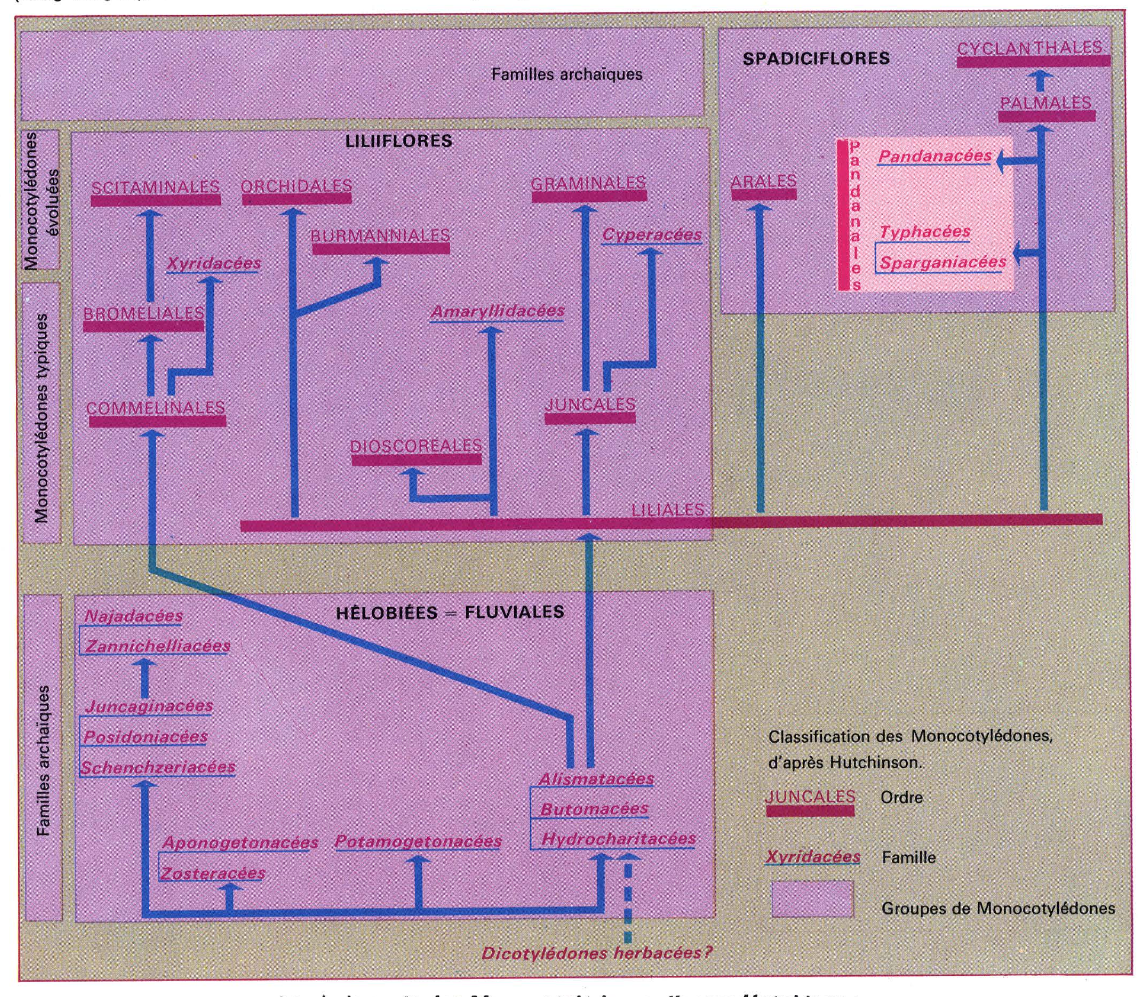
Ordre des Cyclanthales.

Ordre à une seule famille, les Cyclanthacées (8 *g*, 50-100 *e*). Grandes herbes, lianes ou arbustes à port de Palmiers ; fleurs en spadices simples, entourés de plusieurs spathes ; fleurs mâles à périanthe rudimentaire ou nul, rappelant beaucoup les Ptéridospermales. Ces plantes vivent en Amérique tropicale. Citons notamment le genre *Carludovica* dont les fibres servent à la confection des chapeaux de Panama.

Phylum 15 : les Liliiflores.

Généralités.

● *Ce phylum* comprend des familles assez nettement apparentées entre elles et dont les affinités avec les autres familles de Monocotylédones sont obscures. On peut le rapprocher principalement des Palmacées, donc, d'une manière plus générale, des Spadiciflores qui viennent d'être étudiées. Les Liliiflores comprennent 11 ordres (voir tableau systématique p. 91). Il est intéressant de comparer la classification adoptée ici (classification d'Emberger) à la conception de Hutchinson, résumée sur le tableau suivant.



La phylogenie des Monocotyledones d'apres Hutchinson. Observer comment les Spadiciflores sont reliées aux Liliiflores par l'intermédiaire de l'ordre des Liliales.

Aspect végétatif	Fleur	Périanthe	Ovaire et ovule	Albumen	Fruit et embryon	Ordre
Herbes parfois noueuses, à feuilles généralement engainantes.	*Fl* en général régulières ; ⚥ ou, rarement, unisexuées. (3 + 3) *É* ; (3 à 1) *C*.	Périanthe bien développé : calice et corolle souvent différents.	Ovaire supère ; ovule orthotrope.	Amylacé (farineux).	Fruit : type capsule. Embryon situé plus ou moins sur un côté de l'albumen.	COMMELINALES.
Herbes annuelles ou vivaces (par un rhizome). Chaume = tige creuse, cylindrique, noueuse. Feuilles en rubans, alternes et disposées sur 2 rangs, pourvues d'une ligule, et à gaine fendue.	*Fl* en général régulières. Inflorescences typiques, en *épi* ou en *panicule* d'épillets. 1 ou plusieurs *Fl* protégées par 2 glumes, ⚥ et très petites. 3 *É*. 3 *C* libres.	Périanthe très réduit. Pas de bractée à la base de l'épillet.	Ovaire supère, 1-loc., surmonté de 1, 2, 3 styles plumeux, avec un seul ovule légèrement campylotrope ou anatrope.	Amylacé.	Fruit sec ne s'ouvrant pas (= *caryopse*). Embryon situé sur un côté de l'albumen.	GRAMINALES.
Tige pleine, non noueuse, à section souvent triangulaire. Feuilles en rubans, alternes et disposées sur 3 rangs, dépourvues de ligule et à gaine non fendue.	*Fl* en général régulières. Épillets de plusieurs fleurs ⚥ ou unisexuées. 3 *É*; 2-3 *C* soudés.	Périanthe très réduit; une bractée à la base de l'épillet.	Ovaire 1-loc., supère. Ovule anatrope.	Amylacé.	Akène («noix»). Embryon entouré par l'albumen, mais situé plus ou moins sur un côté de celui-ci.	CYPERALES.
Herbacée. Feuilles longues et étroites, à gaine fendue ou non.	*Fl* en général régulières. (3 + 3) *É* libres, à longs filets grêles; 3 *C*.	Périanthe très réduit. Les tépales internes ont parfois l'aspect de pétales.	Ovaire supère, 3 loc.	Amylacé.	Fruit : type capsule. Embryon petit, situé plus ou moins sur un côté de l'albumen.	JUNCALES.
Plantes vivant sur d'autres plantes *(épiphytes)*. Feuilles serrées, plus ou moins dentées ou épineuses, en rosettes.	*Fl* régulières. Inflorescences terminales, colorées. (3 + 3) *É* et 3 *C*.	Calice et corolle différents (3 *S* + 3 *P*).	Ovaire supère ou infère. Ovule anatrope.	Amylacé.	Fruit charnu. Embryon situé souvent sur un côté de l'albumen.	BROMELIALES.
Herbes à feuilles alternes, engainantes.	*Fl* irrégulières. 6, 3 ou 1 *É*; 3 *C*.	Pièces du périanthe à aspect de pétales.	Ovaire supère, 3-loc.	Amylacé.	Fruit : capsule ou akène.	PONTEDERIALES.
Grande diversité; en général herbacées, mais il y a quelques Liliales arborescentes.	*Fl* presque toujours régulières; généralement ⚥. (3 + 3) *É* et 3 *C*.	Calice et corolle difficiles à distinguer. (3 *S* + 3 *P*).	Ovaire supère ou infère. Ovule anatrope; rarement orthotrope.	Charnu (protéique), cartilagineux et riche en huile.	Embryon entouré par l'albumen.	LILIALES.
Herbes ou lianes.	*Fl* unisexuées; presque toujours régulières.		Ovaire infère; ovule anatrope.	Corné.		DIOSCOREALES.
Herbes souvent très grandes. Feuilles entières, emboîtées les unes dans les autres, alternes, disposées en 2 rangs, à gaine persistante, à pétiole en général bien net.	*Fl* irrégulières de type 3, le plus souvent ⚥. 3 *C*.	Calice et corolle différents ou non.	Ovaire infère; 1-3 loc.; placentation axile; ovule anatrope.	Réduit; amylacé; périsperme non amylacé.	Graine souvent à arille.	SCITAMINALES.
Herbes; souvent saprophytes, avec ou sans chlorophylle, à feuilles petites, dépourvues de stipules.	*Fl* régulières; ⚥. 6 ou 3 *É*.	Périanthe en forme de tube à aspect de corolle.	Ovaire infère, 1-3 loc. Ovule anatrope.	Réduit; charnu.	Graines très petites et très nombreuses; embryon très petit, méconnaissable.	BURMANNIALES.
Herbes ou lianes.	*Fl* irrégulières. ⚥, très adaptées à la pollinisation par les Insectes. 6 *C* (à l'origine).	Pièces du périanthe à aspect de pétales.	Ovaire infère; ovule anatrope. Placentation pariétale.	Absent.	Idem.	ORCHIDALES.

Les ordres de Monocotylédones Liliiflores (tableau comparatif).

La formule florale « de base » est :

$$3\,S + 3\,P + (3 + 3)\,É + 3\,C$$

Les sépales et les pétales sont habituellement appelés *tépales :* ils ont la même couleur et ont le plus souvent l'aspect de pétales. La graine renferme un albumen (sauf, principalement, chez les Orchidacées). La pollinisation tend à être assurée par les Insectes (elle est encore réalisée par le vent chez les Graminales, les Juncales et les Cypérales). Enfin, si la fleur est régulière dans les familles que l'on peut considérer comme les plus archaïques, elle devient irrégulière chez les plus évoluées comme les Orchidacées.

Ordre des Commelinales.

Ce sont des plantes généralement herbacées; on y distingue 6 familles.

● *Commelinacées,* 37 *g,* 600 *e.* Plantes des régions tropicales (rares dans les régions tempérées). Leur fleur est quelquefois irrégulière. Nombreuses espèces ornementales comme *Tradescantia virginica* (Éphémère de Virginie), cultivée dans les jardins, et *Tr. zebrina* (Misère) cultivée surtout en appartement. Le rhizome de certaines Commélinacées est comestible.

● *Mayacacées,* 1 *g,* 11 *e* (10 en Amérique, 1 en Angola). Plantes aquatiques et des marais.

● *Xyridacées,* 2 *g,* 200 *e.* Plantes des marais des régions tropicales.

● *Eriocaulacées,* 900 *g,* 600 *e.* Plantes des régions tropicales (surtout Amérique); une espèce en Écosse. Remarquables par leurs inflorescences en capitules, semblables à celles des Composées.

● *Centrolepidacées,* 7 *g,* 30-40 *e.* Dispersées en plusieurs régions de l'hémisphère sud. Fleurs extrêmement simplifiées, évoquant celles des Graminées.

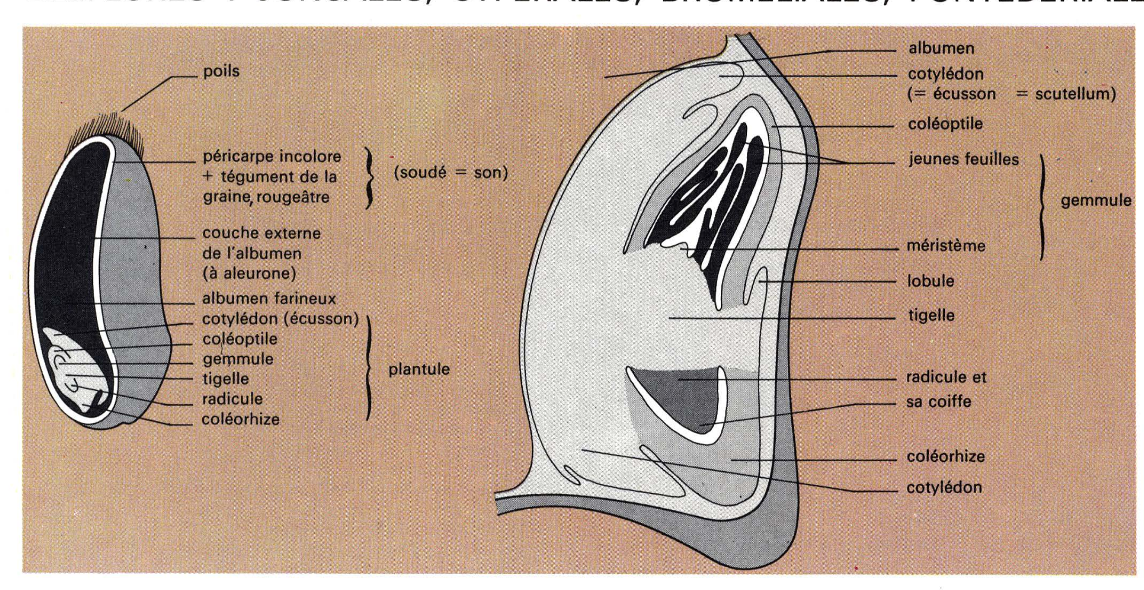
● *Restionacées,* 30 *g,* 250 *e.* Dispersées en plusieurs régions de l'hémisphère sud. Aspect de Joncs.

Ordre des Graminales.

Cet ordre est représenté par une seule famille, celle des Graminées (ou Graminacées), qui présente un certain nombre de liens avec les Palmales : tige « articulée », comme chez certains Palmiers, même type de feuille, présence d'une spathe chez certaines Graminées dont l'inflorescence pourrait être celle des Palmales réduite et condensée. Les Graminées sont aussi fréquemment rapprochées des Cypérales : avec ces dernières, elles forment alors l'ordre des Glumiflores.

● *Caractères généraux de la famille des Graminées :* 450 *g,* 6 000 *e.*

1. Plantes cosmopolites; 77 *g* et 350 *e* en France. **2.** Connues depuis le Crétacé supérieur. **3.** Les Graminées sont toutes des herbes, à l'exception des Bambous. Leur tige produit, à sa base, de nombreuses racines adventives grâce auxquelles sont entretenues de nouvelles tiges, d'où la formation de *touffes.* Le chaume est creux parce que la moelle se résorbe; mais les nœuds sont pleins (la cloison, à leur niveau, est due à l'entrecroisement des faisceaux de vaisseaux conducteurs de sève) ; jamais ramifié, le chaume se termine par une inflorescence. Les feuilles (une gaine + un limbe) n'ont pas de pétiole, sauf chez les Bambous; à la limite de la gaine et du limbe est attachée une lame, en général membraneuse, la *ligule,* dont les caractéristiques sont utilisées en systématique (la ligule peut être remplacée par des poils ou manquer). L'inflorescence caractéristique est un *épi* (fleurs sans pédoncule insérées le long d'un axe principal). Chaque épi comprend des épis secondaires ou *épillets.* L'épillet ne comporte pas de bractées basales (sauf quelques exceptions), contrairement à celui des Cypérales. Sur l'axe de cet épillet, on trouve d'abord 2 (parfois 4 ou 6) bractées stériles, ou *glumes,* protectrices, puis des bractées fertiles ou *glumelles.* Ces glumelles sont par groupe de deux : à l'aisselle de la glumelle inférieure est allongé l'axe floral sur lequel, immédiatement au-dessus, est attachée la seconde glumelle. La glumelle inférieure a été interprétée comme étant la bractée florale; la glumelle supérieure pourrait être un reste du calice. Enfin, juste au-dessus des glumelles, se trouvent deux minuscules pièces, les *glumellules* (ou *lodicules*), dont certains ont supposé qu'elles pouvaient être un reste de corolle. Ces glumellules, en se gonflant d'eau, écartent les glumelles au moment de la maturité, ce qui permet la sortie des étamines et des styles. Étamines et styles sont grands, facilement agités par le vent qui assure la pollinisation : les anthères, fixées par leur milieu au sommet du filet, sont oscillantes, et les styles, plumeux, captent aisément le pollen. Celui-ci mûrit d'ailleurs avant les ovules, ce qui favorise la fécondation croisée. Toutefois, la plupart des Blés cultivés, l'Orge ont des fleurs qui ne s'ouvrent pas à maturité. **5.** Le fruit est un akène dans lequel péricarpe et tégument de la graine sont soudés. Dans un grain (c'est-à-dire dans un *caryopse*) de Blé, on reconnaît facilement le péricarpe, incolore, et, immédiate-



Anatomie de la plantule de Graminée.

ment au-dessous de lui, le tégument de la graine, rougeâtre. Sous le tégument de la graine, l'enveloppe de l'albumen est un épiderme qui renferme des grains d'aleurone (substance protidique) et des enzymes (indispensables pendant la germination pour l'utilisation des réserves nutritives). La figure ci-dessus montre l'anatomie de la plantule, déportée sur un côté de l'albumen. **6.** On distingue trois sous-familles de Graminées : les Bambusoïdées (Bambous), les Festucoïdées (Blé, Avoine, etc.) et les Panicoïdées (Millet, Maïs, etc.). Ces sous-familles sont décrites ci-dessous.

● *Sous-famille des Bambusoïdées : 40 g,* 500 *e* (surtout régions tropicales). Ce sont les Bambous (genres *Arundinaria, Bambusa,* etc.). Les Bambous ne fleurissent qu'au bout d'un temps plus ou moins long (parfois plusieurs dizaines d'années); ils meurent ensuite non sans avoir auparavant engendré un grand nombre d'individus par les *drageons* (rejetons naissant de leurs racines) qu'ils produisent. Les divers pieds fleurissent simultanément.

● *Sous-famille des Festucoïdées :* 150 *g,* 2 000 *e* Graminées des régions tempérées et froides de l'hémisphère nord. Les principaux genres et espèces sont indiqués dans le tableau de l'*Annexe systématique. Lolium* est l'Ivraie; *Agropyrum* est le Chiendent; *Secale :* le Seigle; *Triticum :* le Blé; *Hordeum :* l'Orge; *Avena :* l'Avoine, etc.

— On connaît 40 espèces environ de Blé, parmi lesquelles on distingue trois groupes : 1° le groupe de *Triticum sativum* (Froment, Épeautre), Blés sensibles aux maladies parasitaires; 2° le groupe de *Triticum dicoccum* (Amidonniers), plus résistant que le précédent : *Blé dur, Blé de Pologne, Blé des Pharaons,* etc.; 3° le groupe de *Triticum monococcum* (Engrains), d'Asie Mineure, très résistant. Les *Blés durs* sont riches en gluten (substance protidique visqueuse), les *Blés tendres* sont riches en amidon. Les premiers sont utilisés dans la fabrication des pâtes alimentaires, les seconds dans l'industrie de la boulangerie et de la pâtisserie.

— On connaît 20 espèces d'Orge (en France, 4 espèces). L'*Orge mondé* est l'Orge débarrassée des glumelles; l'*Orge perlé* est le grain proprement dit, séparé des parois de l'ovaire; l'*Orge germée* sert à la fabrication de la bière.

● *Sous-famille des Panicoïdées :* 250 *g,* 3 500 *e,* vivant surtout dans les régions chaudes. Principaux représentants : *Andropogon sorghum* (Sorgho), *Zea mays* (Maïs), *Phragmites* (Roseaux), *Oryza* (Riz). Les différentes variétés de Riz cultivé correspondent à l'espèce *Oryza sativa* (mais il y a des espèces spontanées).



Cl. Bordas/J.B.

Le Brome, dont on connaît une centaine d'espèces (ci-dessus,* Bromus rubens*), est une mauvaise herbe banale et parfois très agressive (*B. tectorum *a envahi, dans l'Idaho, des millions d'hectares).

Ordre des Juncales.

Il s'agit de plantes ressemblant à des Graminées, aux inflorescences en épillets, qui ont tendance à se condenser et à simuler petit à petit des fleurs simples. On distingue dans les Juncales 4 familles :

● *Les Juncacées :* 10 *g,* 500 *e.* Cosmopolites (principalement : régions tempérées et froides); même formule florale que les Liliacées dont elles se distinguent par leur périanthe et par l'albumen amylacé de leurs graines. Placentation axile ou pariétale. Principal genre : *Juncus* (Jonc).

● *Autres familles :* Flagellariacées (3 *g,* 10 *e,* régions tropicales de l'Ancien Monde); Rapatéacées (10 *g,* 25 *e,* régions tropicales d'Amérique et d'Afrique); Thurniacées (1 *g,* 2 *e,* Amazonie).

Ordre des Cyperales.

Cet ordre comprend une seule famille : les Cypéracées. Selon certains auteurs, l'ordre dériverait des Juncales.

Famille des Cyperacées : 75 *g,* 4 000 *e.*

1. Cosmopolites, régions marécageuses principalement.
3. Herbes vivaces (par des rhizomes).
6. Sept sous-familles : Rhynchosporoidées, Scirpoidées, Cyperoidées et Hypolytroidées ont des fleurs hermaphrodites; les Scleroidées, les Cryptangioidées et les Caricoidées ont des fleurs unisexuées. Le genre le plus important est *Carex* (1 500 *e*), cosmopolite. Au genre *Cyperus* appartiennent le Souchet, dont le tubercule est comestible *(C. esculentus)* et *Cyperus papyrus* ou Papyrus, dont la moelle servait à la fabrication du papier du même nom.

Ordre des Bromeliales.

Une seule famille, celle des Broméliacées.

Famille des Bromeliacées : 60 *g,* 2 000 *e.*

1. Amérique tropicale. Une espèce en Guinée.
3. Plantes à tige courte, à feuilles en bouquets, souvent épaisses, plus ou moins charnues. Les Broméliacées ne sont pas fréquentes sur le sol : elles vivent sur d'autres plantes (épiphytes), sur des rochers, voire sur des fils télégraphiques. Leur structure présente certaines particularités des plantes aquatiques.
4. Non seulement leurs fleurs sont vivement colorées, mais les bractées de celles-ci le sont également, et même une partie des feuilles. Les fleurs sont hermaphrodites, rarement unisexuées; elles comportent un calice et une corolle bien discernables.
6 Principaux genres : *Tillandsia :* ils vivent à la manière des Lichens, sur des branches d'arbres ou des rochers : l'eau, le gaz carbonique et les poussières de l'air suffisent à les alimenter. Les *Tillandsia* sont appelés « fleurs de l'air » en Amérique du Sud. Leur surface est couverte de poils écailleux qui leur donnent une teinte grisâtre; l'eau de la rosée, absorbée grâce à ces poils, est mise en réserve dans un tissu spécial à l'intérieur des feuilles. *Ananas :* l'Ananas cultivé est l'espèce *A. sativus.* L'inflorescence compacte (fleurs à ovaire infère) se forme au cours de la troisième année. Toute l'inflorescence, avec les bractées qu'elle comporte, se transforme en un volumineux fruit composé ne contenant pas de graines dans les variétés cultivées. La plante meurt après la fructification; les bractées qui se trouvent au sommet du fruit peuvent servir pour la bouturer. Les fibres des feuilles d'Ananas sont textiles. *Bromelia, Æchmea :* la rosette de feuilles forme souvent un réservoir d'eau où se développent diverses Algues et de petits Animaux; des poils absorbants peuvent utiliser cette eau et, peut-être, des matières organiques dissoutes, ce qui amène à une comparaison avec les plantes insectivores.

Ordre des Pontederiales.

Une seule famille, celle des Pontédériacées. Ces plantes ne se distinguent des Liliales que par l'albumen amylacé de leurs graines et par leurs fleurs irrégulières.

La famille des Pontédériacées comprend 6 genres, 20 à 30 espèces. Ce sont des plantes aquatiques et des marais des régions chaudes et tempérées (Europe exceptée). *Eichhornia crassipes* est la Jacinthe d'eau; c'est une « Peste d'eau » qui, originaire de l'Amérique du Sud, a envahi les cours d'eau de nombreuses régions tropicales, où elle gêne la navigation.



Cl. Bordas/J.B.

***Cyperus** (le Souchet); **C. papyrus** a fourni, par sa moelle, le « papier » des Anciens.*



Cl. Gil Carles.

Zea mays *(Maïs commun).*



Verbascum thapsus :
Molène = Bouillon-blanc
(Scrophulariacée)



Tussilago farfara :
Tussilage = Pas-d'âne
(Composée)



Matricaria chamomilla :
Camomille
(Composée)



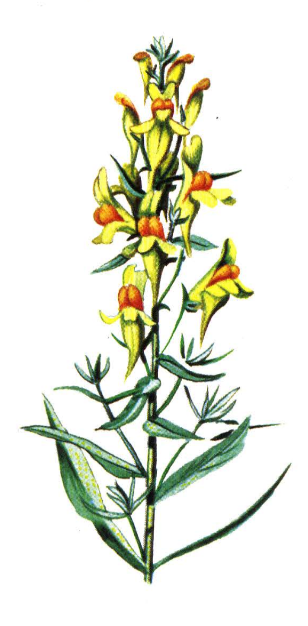
Datura stramonium :
Stramoine = Pomme-épineuse
(Solanacée)



Rhinanthus minor (Rh. crista-galli) :
Petite crête de coq = Cocriste vrai
(Scrophulariacée)



Cichorium intybus :
Chicorée sauvage
(Composée)



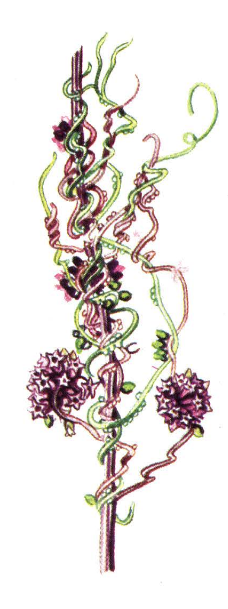
Linaria vulgaris :
Linaire vulgaire
(Scrophulariacée)



Lactuca perennis :
Laitue vivace
(Composée)



Echium vulgare :
Vipérine vulgaire
(Boraginacée)



Cuscuta major (C. europaea) :
une Cuscute (Cuscutacée) qui parasite l'ortie,
le chanvre, le houblon et quelques légumineuses.



Convolvulus arvensis :
Liseron des champs
(Convolvulacée)



Hyoscyamus niger :
Jusquiame noire
(Solanacée)



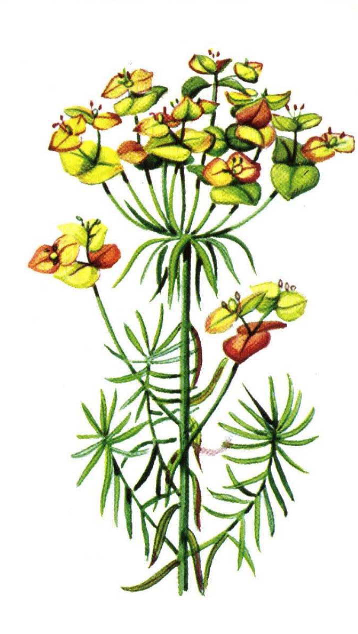
Œnothera biennis :
Onagre bisannuelle
(Onagracée)



Delphinium consolida :
Dauphinelle pied-d'alouette
(Renonculacée)



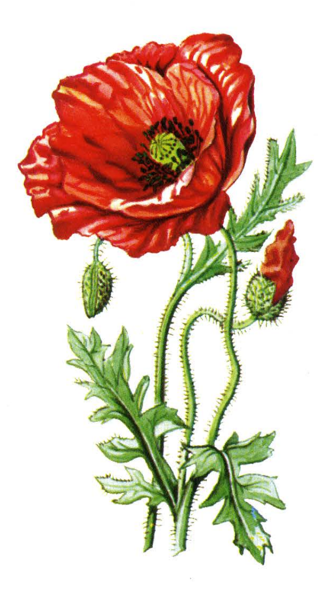
Lychnis = (Agrostemma) githago :
Nielle des Blés
(Caryophyllacée)



Euphorbia cyparissias :
Euphorbe petit-Cyprès
(Euphorbiacée)



Sinapis arvensis :
Moutarde des champs = Sénevé
(Crucifère)



Papaver rhœas :
Coquelicot
(Papavéracée)



Chelidonium majus :
Chélidoine grande = Grande-éclaire
(Papavéracée)



Viola tricolor :
Pensée sauvage = Pensée tricolore
(Violacée)



Epilobium spicatum :
Épilobe en épi = Laurier de St-Antoine
(Onagracée)



Malva silvestris :
Mauve sauvage
(Malvacée)



Melilotus officinalis :
Mélilot officinal
(Papilionacée)



Eryngium campestre :
Panicaut champêtre
(Ombellifère)

	Liliacées 250 *g*, 4 000 *e*	Amaryllidacées 90 *g*, 1 500 *e*	Iridacées 60 *g*, 1 500 *e*
1.	Cosmopolites.	Cosmopolites.	Cosmopolites (surtout Afrique du Sud et Amérique tropicale).
2.	Crétacé supérieur.		Miocène.
3.	Plantes herbacées, le plus souvent à bulbe ou à rhizome, rarement ligneuses (arbres ou lianes). Feuilles généralement alternes, rarement opposées ou par cercles. Les formes arborescentes sont réalisées grâce à des *cambiums* très spéciaux qui apparaissent à la périphérie de la tige.	Plantes différant des Liliacées surtout par quelques caractères floraux.	Plantes herbacées à rhizomes ou à bulbes (comme les Liliacées).
4.	Inflorescences en grappes ou en cymes; parfois : *Fl* solitaires. Ovaire supère en général. Placentation axile; pollinisation par les Insectes.	Inflorescences à aspect d'ombelles; ovaire infère; souvent : couronne à aspect de corolle (= *paracorolle*) s'ajoutant au périanthe.	*Fl* régulières ou irrégulières; seulement 3 *É*. Ovaire infère. Les 3 stigmates portés par le style ont souvent un aspect de pétale et sont plus ou moins divisés.
5.	Capsule ou baie.	Capsule ou baie.	Capsule.
6.	Voir ci-dessous et *Annexe systématique*.	Voir ci-dessous et *Annexe systématique*.	Voir ci-dessous et *Annexe systématique*.

Les trois principales familles de Liliales.

Ordre des Liliales.

Ordre comprenant 10 familles dont nous n'étudierons ici que les trois principales : les Liliacées, les Amaryllidacées et les Iridacées. Elles sont décrites dans le tableau ci-dessus.

● *Renseignements complémentaires.*

— Les Liliacées peuvent être classées en une dizaine de sous-familles (voir *Annexe systématique*). Voici les principaux genres présentant un intérêt économique ou ornemental :

Veratrum (Varaire) dont *V. album* est très toxique par ses alcaloïdes.

Colchicum (Colchique), dont *C. autumnale* ou Colchique commun : graine très toxique fournissant la colchicine (alcaloïde).

Asphodelus est l'Asphodèle (20 espèces méditerranéennes).

Aloe (Aloès) : 200 à 250 espèces (Afrique, Arabie); son suc, une résine purgative, est l'*aloès médicinal*.

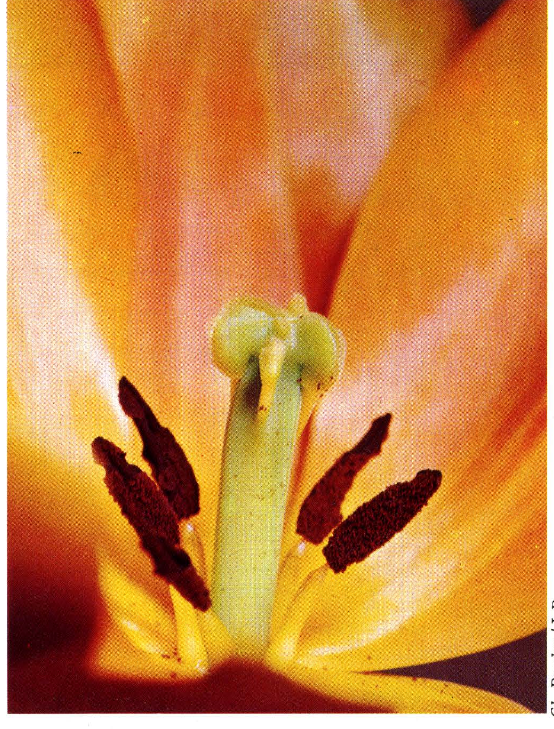
La sous-famille des Allioïdées, à bulbe ou rhizome court, est celle du genre *Allium* (Ail, 350 espèces), plantes riches en essences sulfurées et en inuline. *A. sativum* est l'Ail commun; *A. porrum* est le Poireau cultivé; *A. ascalonicum* est l'Échalote; *A. cepa* est l'Oignon; *A. fistulosum* est la Ciboule, *A. schœnoprasum* est la Ciboulette.

A la sous-famille des Lilioïdées appartiennent les Lis (genre *Lilium*), les Tulipes (genre *Tulipa* : 50 à 60 espèces vivant en Europe et dans le monde méditerranéen).

A la sous-famille des Asparagoïdées appartiennent *Convallaria* (Muguet, qui contient un glucoside toxique appelé la convallariamarine), *Asparagus* (Asperge), dont on connaît 300 ou 400 espèces dans le Vieux Monde (l'Asperge cultivée est *A. officinalis*).

— La famille des Amaryllidacées se subdivise en 4 sous-familles (voir *Annexe systématique*). Les Amaryllidacées contiennent, comme les Liliacées, des alcaloïdes (*Narcissus, Amaryllis*, etc.). Le seul genre ayant un intérêt économique est *Agave* (faux Aloès, Agave, Sisal) : ces plantes poussent en Amérique centrale; elles donnent une fibre textile (chanvre de Sisal).

— Les Iridacées sont divisées en 3 sous-familles. Aux Crocoïdées (fleurs régulières, solitaires) appartient le genre *Crocus* (*C. sativus* = Safran; le condiment proprement dit est constitué par les stigmates de la fleur). Aux Iridoïdées appartiennent les genres *Iris* et *Tigridia* (ornementaux); aux Ixioïdées, à fleurs irrégulières, appartiennent les Glaïeuls (genre *Gladiolus*).



Cl. Bordas/J.B.

Cœur d'une fleur de Tulipe : au centre, le pistil, avec stigmates saillants; autour, quatre étamines aux anthères noires de pollen.

Ordre des Dioscoreales.

Les plantes de cet ordre présentent curieusement certains traits archaïques, certains traits de Dicotylédones; elles sont probablement encore peu éloignées de la souche originelle des Polycarpiques (elles évoquent en particulier les Aristolochiacées et les Ménispermacées). On y distingue deux familles : les Dioscoréacées et les Taccacées.

	Dioscoreacées 10 *g*, 700 *e*	Taccacées 2 *g*, 40 *e*
1.	Régions tropicales surtout.	Régions tropicales.
3.	Plantes herbacées, souvent lianes, à tubercules; feuilles alternes.	Plantes herbacées, à rhizomes tuberculeux.
4.	Inflorescences en épis, grappes ou cymes.	Inflorescences en forme d'ombelles.
6.	De *Testudinaria elephantipes* (Pied d'éléphant), on retire un *sagou* (fécule) : le tubercule de cette plante est énorme (jusqu'à 300 kg); sa surface ressemble à une carapace de Tortue.	On extrait un sagou du tubercule de *Tacca pinnatifida* (Asie tropicale) : c'est l'*Arrowroot* de Tahiti.

Ordre des Scitaminales.

Nous étudierons les 4 principales familles de cet ordre (qui en comprend 6).

● *Tableau des familles*. Voir ci-dessous, en bas de page. Pour les principaux genres et espèces, voir *Annexe systématique*. La plante la plus intéressante de cet ordre est le genre *Musa* (Bananier), qui donne des fruits comestibles. Les Bananiers cultivés se rattachent à 3 espèces :

— *Musa paradisiaca*, qui dérive d'une espèce sauvage d'Indo-Malaisie. Il produit des bananes « plantins » (bananes-légumes), et les bananes *fife* des Antilles et du Cameroun (aux Antilles, on les appelle les bananes « Gros-Michel »).

— *Musa sapientum*, parfois considérée comme une variété (sous-espèce) du précédent. Le Bananier des Canaries (appelé aussi *Musa nana*) donne des petites bananes courtes, de couleur jaune vif, et d'excellente qualité (on peut considérer le Bananier des Canaries — comme celui de la Côte-d'Ivoire qui lui est identique — comme des variétés de *M. sapientum*).

— *Musa balbisiana*.

Les plantes de la famille des Cannacées (en particulier le genre *Canna*) sont cultivées comme plantes ornementales; les graines, très dures, de certains *Canna* sont utilisées pour faire des bijoux.



Cl. Bordas/J.B.

Crocus **est le Safran (Iridacée).**

	Musacées 1 *g*, 80 *e*	Zingiberacées 50 *g*, 1 500 *e*	Cannacées 1 *g*, 50-60 *e*	Marantacées 12 *g*, 400 *e*
1.	Régions chaudes de l'Ancien Monde.	Régions tropicales de l'Ancien Monde, surtout Indo-Malaisie; quelques-unes en Amérique.	Amérique tropicale et du Sud.	Régions tropicales (surtout américaines).
3.	Plantes herbacées très grandes, ayant l'aspect d'arbres.	Plantes herbacées à rhizomes et racines souvent tuberculeuses. Feuilles pourvues d'une ligule.	Plantes herbacées à rhizome plus ou moins tuberculeux. Feuilles dépourvues de ligule.	Plantes herbacées à rhizomes, parfois lianes. Feuilles à pétiole présentant une articulation caractéristique.
4.	Infl. en très grands épis terminaux (= « régimes »), pendants, comportant jusqu'à 19 000 fleurs. Calice et corolle non distincts. Labelle formé par le périanthe. 6 *É* dont une est souvent avortée.	Le plus souvent, calice et corolle distincts. 1 *É* fertile seulement. 5 *É* stériles, dont plusieurs forment un *labelle* à aspect de pétale.	Calice et corolle distincts. 1/2 *É* fertile seulement. 4 1/2 *É* stériles formant des pièces (dont 1 *labelle* et 2 « ailes ») à aspect de pétales. 1 *É* avortée. Le style prend l'aspect d'un pétale.	Calice et corolle souvent distincts. 1/2 *É* fertile seulement. Ce qui reste des autres *É* = pièces stériles, mais pas de labelle.
5.	Baie. Graine à albumen et à périsperme. Embryon droit.	Capsule ou baie. Graine à arille, à albumen et à périsperme. Embryon droit.	Capsule. Graine à albumen et à périsperme. Embryon droit.	Capsule ou baie. Graine sans albumen mais à périsperme. Embryon courbe.

Les quatre principales familles de Scitaminales.



Cl. Marcel Lecoufle.

*Groupe d'*Odontonia *(Orchidacées).*

Ordre des Burmanniales.

C'est un ordre intermédiaire entre les Liliales et les Orchidales; les plantes réunies dans cet ordre sont aussi appelées Microspermées parce que leur embryon est très petit, rudimentaire. 3 familles : les Burmanniacées (10 *g,* 100 *e,* surtout Amérique tropicale), les Thismiacées (10 *g,* 2 *e,* régions tropicales), les Corsiacées (2 *g,* quelques espèces en Nouvelle-Guinée et au Chili).



Cl. Latis.

Paphiopedilum callosum
(= Cypripedium callosum).

Ordre des Orchidales.

Cet ordre de Microspermées (c'est-à-dire de plantes à embryon minuscule et rudimentaire) comprend, à côté de la petite famille des Apostasiacées, l'énorme famille des Orchidacées ou Orchidées (20 000 espèces, plus de 500 genres). Dans cet ordre, l'albumen a disparu de la graine, le fruit est devenu une capsule. On considère que les Orchidacées sont les êtres les plus évolués du monde végétal. L'importance de cette famille mérite une description commentée.

1. Les Orchidées sont des plantes cosmopolites, répandues surtout dans les régions chaudes. En fait, elles peuplent à peu près tous les continents et supportent à peu près tous les climats, puisqu'on en trouve même en Alaska, en Sibérie et au Groenland. Ce sont donc des plantes susceptibles de s'adapter à des conditions de vie très diverses : leur appareil végétatif est particulièrement « souple ». Précisons tout de suite que la France possède plus de 80 espèces d'Orchidées; le genre le plus nombreux est *Orchis* (35 espèces); la plus belle Orchidée qui pousse dans nos régions est *Cypripedium calceolus* appelé encore *Sabot de Vénus* ou *Sabot de la Vierge*.

2. Les Orchidées des régions tempérées sont des plantes herbacées, vivaces par leur tubercule souterrain. Dans les régions chaudes et tropicales, ce sont surtout des lianes; il y a aussi des espèces épiphytes (vivant sur d'autres plantes) et saprophytes (vivant sur des matières organiques en décomposition). Les Orchidacées ont en général un rhizome. Elles n'ont que des racines adventives; le tubercule des genres *Orchis* ou *Ophrys* peut être considéré comme un ensemble de racines adventives tubérisées, plus ou moins complètement soudées entre elles (dans sa partie supérieure, la tige concourt à sa formation). Chez les épiphytes, les racines aériennes qui peuvent être vertes, sont par ailleurs souvent remarquables par le tissu dont elles sont enveloppées (le *voile*), formé d'une ou plusieurs couches de cellules mortes, où l'eau est retenue comme dans une éponge. Ces remarques soulignent la souplesse adaptative des Orchidées.



Cl. Marcel Lecoufle.

Laelio-cattleya ***sortilège.***

3. Les organes souterrains des Orchidacées abritent le mycélium d'un Champignon du genre *Rhizoctonia* avec lequel s'établit une véritable *symbiose* d'une importance capitale; chaque Orchidée a son espèce particulière de Champignon, dont elle a un besoin absolu quand elle est encore à l'état de graine : si le Champignon est trop puissant, il tue la plantule; sinon il lui fournit les matières nutritives indispensables à son développement (on connaît mal son action : peut-être agit-il en élevant la pression osmotique). C'est grâce à la présence du Champignon que la plantule grandit : elle devient alors une sorte de lame ou de toupie (le *protocorme*) qui produit des bourgeons, mais elle ne forme ni cotylédon, ni radicule.

4. Les fleurs d'Orchidée sont groupées en inflorescences diverses. Ce sont généralement des grappes ou, par suite du raccourcissement des pédoncules floraux, des épis; mais il existe aussi des corymbes et des cymes. L'ovaire est infère. La fleur des Orchidées est extrêmement irrégulière : elle comprend 6 *tépales*, colorés (qu'on peut d'ailleurs répartir en 3 sépales et 3 pétales); un pétale est particulièrement développé, formant une sorte de lèvre : le *labelle*, fréquemment divisé en trois lobes et formant, dans certains genres, un éperon à nectar. Il y a théoriquement (3 + 3) *É*; mais elles ont été transformées, simplifiées; le résultat de ces modifications est généralement celui-ci :

— 1 *É* fertile;
— 2 *É* donnent deux pièces stériles;
— 2 *É* donnent deux pièces appelées *bursicules ;*
— 1 *É* donne parfois une petite écaille (elle peut, dans d'autres cas, ne pas exister : dans ce cas-là, il existe alors 2 *É* fertiles).

L'étamine fertile est réduite à son anthère, dans laquelle tous les grains de pollen sont agglomérés en deux masses : les *pollinies*. Une *pollinie* comprend la masse de pollen proprement dite, un petit pédoncule *(caudicule)*, et, à la base de celui-ci, le *rétinacle,* provenant d'une zone glanduleuse plus ou moins creuse : la *bursicule*.

Il y a 3 carpelles, un ovaire à une seule loge et à placentation pariétale, surmonté d'un style soudé à l'étamine, le tout formant une sorte de colonne : le *gynostème*. Au sommet du style se trouve le stigmate, localisé en avant et au-dessous de l'anthère; le stigmate comporte deux lobes fertiles (c'est-à-dire aptes à recevoir le pollen) et un lobe stérile ou *rostellum*. Le *rostellum* sépare les lobes fertiles des pollinies, s'opposant donc à leur pollinisation par ces dernières.

L'entomophilie (pollinisation par les Insectes) correspond à une remarquable adaptation de la plante. Les Insectes sont attirés par la fleur, dont la forme et les couleurs imitent parfois celles de leur corps. La ressemblance, déjà quelquefois extraordinaire, devient un phénomène prodigieux lorsqu'elle atteint jusqu'au domaine chimique : certaines fleurs d'Orchidée imitent si bien l'odeur des femelles d'Insectes chargées de les polliniser que les mâles s'y méprennent et viennent tenter de s'accoupler avec elles. Comment ne s'y méprendraient-ils point, puisque les chimistes eux-mêmes confirment l'identité de certains des composants? Le *labelle,* particulièrement attirant, sert de terrain d'atterrissage; en venant butiner le nectar accumulé au fond de son éperon, comme chez *Orchis,* par exemple, l'Insecte bute contre le *rostellum* et décroche ainsi les deux pollinies qui lui restent collées sur la tête par leur rétinacle. Une fois sur l'Insecte, le caudicule des pollinies se dessèche rapidement, inclinant les pollinies vers l'avant de l'animal, et l'Insecte les porte comme des cornes qu'il ira cogner contre les stigmates d'autres fleurs. Si par malchance aucun Insecte n'a rempli cette mission, la pollinisation demeure tout de même possible, car le caudicule des pollinies restées dans la fleur se courbe au cours du flétrissement, amenant le pollen au contact des stigmates. L'adaptation à la pollinisation par les Insectes est cependant si poussée que la fécondation est souvent impossible sans l'espèce particulière d'Insectes qui en est chargée : le Vanillier, pollinisé par une Abeille du genre *Melipona* au Mexique et en Guyane, doit être fécondé à la main en dehors de ses contrées d'origine.

5. Le fruit est une capsule. Le fruit le plus intéressant est celui de *Vanilla planifolia,* ou Vanillier, cultivé dans les régions chaudes du globe. La capsule charnue, qui s'ouvre par trois fentes, est le « bâton de Vanille ». Il acquiert son odeur suave au cours de la dessiccation, la chaleur permettant la formation de *vanilline*.

6. A l'exception des Vanilliers, les Orchidacées n'ont guère d'intérêt économique; elles ne sont cultivées que pour la beauté de leurs fleurs. On distingue deux sous-familles : les Diandrées (2 *É* fertiles) et les Monandrées (une seule étamine fertile). C'est aux Monandrées qu'appartiennent la plupart des Orchidacées; la sous-famille est subdivisée en 56 tribus (que nous ne citerons pas ici).



Pinguicula vulgaris :
Grassette commune
(Lentibulariacée)



Solanum dulcamara :
Morelle douce-amère
(Solanacée)



Symphytum officinale :
Grande Consoude
(Boraginacée)



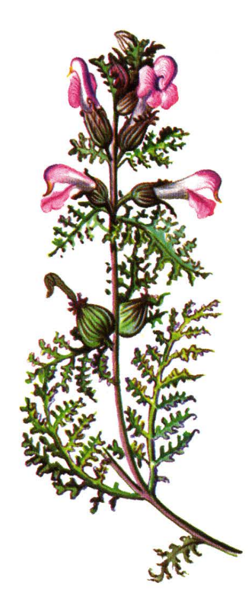
Scrophularia nodosa :
Scrofulaire noueuse
(Scrophulariacée)



Potentilla tormentilla :
Potentille tormentille
(Rosacée)



Lysimachia nummularia :
Lysimaque nummulaire = Monnoyère
(Primulacée)



Pedicularis silvatica :
Pédiculaire des bois (Scrophulariacée)



Impatiens noli-tangere :
Impatiente = Ne-me-touchez-pas
(Balsaminacée)



Menyantes trifoliata :
Trèfle d'eau (Gentianacée)



Mentha aquatica :
Menthe aquatique (Labiée)



Ægopodium podagraria :
Herbe-aux-goutteux
(Ombellifère)



Valeriana officinalis :
Valériane officinale = Herbe-aux-Chats
(Valérianacée)

PAR LES PRAIRIES ET GAZONS DE MONTAGNES



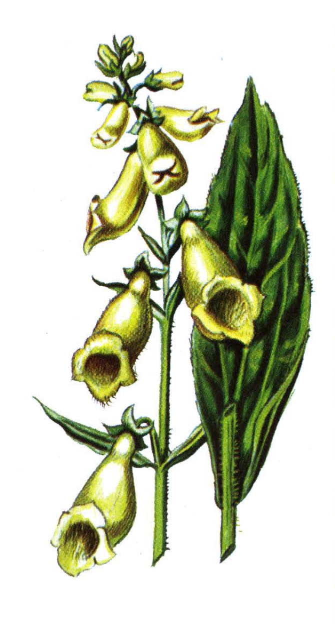
Arnica montana :
Arnica des montagnes
(Composée)



Dryas octopetala :
Dryade à 8 pétales
(Rosacée)



Gentiana lutea :
Grande Gentiane
(Gentianacée)



Digitalis ambigua :
Digitale à grandes fleurs
(Scrophulariacée)



Primula farinosa :
Primevère farineuse
(Primulacée)



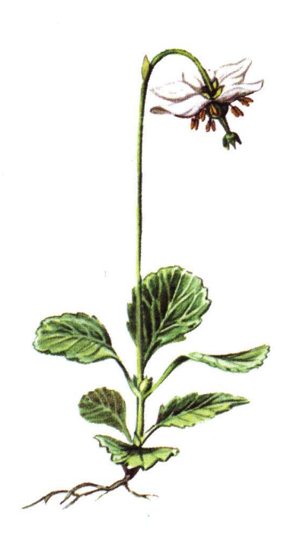
Carlina acaulis :
Carline à tiges courtes
(Composée)



Leontopodium alpinum :
Edelweiss = Étoile des Alpes
(Composée)



Gentiana kochiana :
Gentiane acaule à larges feuilles
(Gentianacée)



Pirola uniflora :
Pyrole à une fleur
(Pyrolacée)



Sanguisorba officinalis :
Sanguisorbe, ou Pimprenelle officinale
(Rosacée)



Saxifraga aizoon :
Saxifrage des rochers
(Saxifragacée)



Soldanella alpina :
Soldanelle des Alpes
(Primulacée)



Trifolium alpinum :
Trêfle des Alpes
(Papilionacée)

« ANNEXE - GLOSSAIRE - INDEX »

ANNEXE SYSTÉMATIQUE DU RÈGNE VÉGÉTAL

I - LES CRYPTOGAMES.

Les tableaux n°s 1 à 11 inclus présentent les grandes divisions du monde des Cryptogames; nous avons suivi, dans l'ensemble, la classification de Marius Chadefaud.

Il n'était pas question, évidemment, de *tout* décrire; plusieurs volumes n'y suffiraient pas. Nous avons indiqué l'essentiel, et renvoyé au texte toutes les fois qu'il nous semblait inutile de reprendre nos explications. Nous nous sommes efforcés de citer la plupart des familles, quand elles n'étaient pas trop artificielles.

L'énumération des espèces d'un genre est fastidieuse et peu intéressante pour un non-spécialiste; nous avons donc cité, comme exemples, les principaux genres des ordres de Cryptogames, avec l'indication des espèces importantes par leur rôle dans les maladies cryptogamiques des plantes. Pour la signification des termes scientifiques employés, se reporter à l'*Index alphabétique* et, de là, au texte proprement dit, ou encore au *Glossaire*.

1. Embranchement des Cyanoschizophytes ou Algues bleues.

ORDRES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES (On a parfois indiqué les *familles*; terminaison en - acées.)
CHROOCOCCALES	Thalle informe, fixé: *Chroococcus; Gloeocapsa; Gloeochaete.* Thalle informe, flottant: *Microcystis; Aphanothece; Aphanocapsa (fleurs d'eau).* Thalle globuleux, flottant: *Coelosphaerium.* Cellules alignées (thalles linéaires): *Eucapsis; Merismopedia; Synechococcus.*
PLEUROCAPSALES	*Pleurocapsa; Radaisia; Oncobyria.* *Xenococcus.* *Hyella.*
STIGONEMALES	*Pulvinaria* (eau douce). *Mastigocladus, Fischerella, Nestiella* (eau douce). *Amphithrix* (eau douce et marine). *Stigonema* (eau douce et marine).
CHAMAESIPHONALES	*Chamaesiphon* (eau douce, Algues, pierres). *Dermocarpa.* *Dermocarpella; Endonema.*
NOSTOCALES	**oscillaires (OSCILLARIACÉES ET LYNGBYACÉES)** pas d'hétérocystes: *Oscillatoria* (mer, eau douce, sol humide). *Lyngbya* (eau douce et marine). *Spirulina* (eau douce et marine). *Phormidium* (eau douce et marine). *Beggiatea* (eaux sulfureuses et putrides). **NOSTOCACÉES :** des hétérocystes: *Nostoc* (mer, eau douce, sol humide). *Anabaena.* *Cylindrospermum.* **SCYTONEMACÉES :** des hétérocystes; fausse ramification: *Scytonema* (mer, eau douce, sol humide). *Bachytrichia* (sur coquilles marines). **RIVULARIACÉES :** trichomes effilés; hétérocystes: *Rivularia* (Rivulaires). *Calothrix.* etc.

2. Embranchement des Bactérioschizophytes ou Bactéries.

Nous avons suivi la classification de A.R. Prévot : *Manuel de classification et de détermination des Bactéries anaérobies,* Paris, Masson, 1958, et, du même, *Les Bactéries,* in *Précis de Botanique,* Paris, Masson, 1963.

On a indiqué entre parenthèses, après certaines espèces, les maladies dont elles étaient les agents, ou les transformations chimiques qu'elles provoquaient.

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES	
I. Sous-embranchement des EUBACTÉRIALES.			
1° Classe des Asporulales (pas de spores).			
MICROCOCCALES — Asporulales sphériques. — 2 familles.	**NEISSERIACÉES** — Gram - négatif.	*Neisseria : N. meningitidis* (méningite cérébro-spinale) ; *N. gonorrhoae* (blennorragie = Gonocoque). *Veillonella.*	
	MICROCOCCACÉES — Gram - positif.	*Diplococcus : D. pneumoniae* (pneumonies = Pneumocoque). *Streptococcus : Str. hemolyticus* (infections diverses).	Streptococcées
		Staphylococcus : Sta. aureus est le Staphylocoque doré (furonculose, intoxications alimentaires). *Gaffkya.*	Staphylococcées
		Sarcina : S. methanica (producteur de méthane). *Micrococcus : M. ureae* (fermentation ammoniacale des urines).	Micrococcées.
BACTÉRIALES — Asporulales allongées, droites ou légèrement courbes. — 6 familles.	**PARVOBACTÉRIACÉES** — Bâtonnets de petite taille, Gram - négatif.	*Pasteurella* (peste, tularémie, choléra des Poules). *Cillopasteurella* (pseudo-tuberculose des Rongeurs). *Malleomyces* (morve du Cheval).	Pasteurellées.
		Actinobacillus. *Brucella* (fièvre de Malte, avortement épizootique).	Brucellées.
		Hemophilus, etc.	Hemophilées.
	RISTELLACÉES — Gram - négatif. — Anaérobies stricts.	*Ristella.* *Zuberella.* *Capsularis*	
	ENTEROBACTÉRIACÉES — Bâtonnets; Gram - positif. — Hôtes de l'intestin des Mammifères.	*Eschericia : E. coli* (colibacillose). *Aerobacter.* *Klebsiella* (pneumonie).	Escherichées.
		Proteus (putréfaction). *Providencia.*	Protéées.
		Salmonella (salmonelloses) : sous-genre *Eberthella* (fièvre typhoïde). *Strigella* (dysenterie bacillaire). *Moraxella.*	Salmonellées.
	PSEUDOMONADACÉES — Bâtonnets droits ou courbes. — Gram - négatif. — Souvent pathogènes pour les plantes (= phytopathogènes).	*Pseudomonas* (pigment bleu ou vert-jaune). *Phytobacterium* (incolores). *Agrobacterium* (incolores). *Xanthomonas* (pigment jaune). *Whitmorella* (pigment jaunâtre). *Erwinia.* *Aplanobacter.*	Pseudomonadées.
		Achromobacter (incolore, non phytopathogène). *Acinetobacter* (incolore ; sinusites, uréthrites). *Mycoplana.*	Achromobactéries
		Chromobacterium (violet). *Flavobacterium* (jaune-orangé) *Empedobacter* (jaune ou orangé). *Protaminobacter* (rouge).	Chromobactéries
	BACTÉRIACÉES — Bâtonnets; Gram - positif.	*Bacterium ; Eubacterium ; Microbacterium ; Lactobacillus* (ferment lactique) ; etc.	
	PROTOBACTÉRIACÉES — Bâtonnets ou coccoïdes. — Autotrophes.	Protobactéries : *Hydrogemonas,* etc. Nitrobactéries : *Nitrobacter* (oxyde NO_2 en NO_3) ; etc. Rhizobiées : *Rhizobium* (nodosités des Légumineuses). Thiobacillées : *Thiobacillus* (oxydation du soufre). Acetobacteriées : *Acetobacter* (Bactérie du vinaigre).	

suite à la page suivante

2. Embranchement des Bactérioschizophytes ou Bactéries. *(suite)*

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
SPIRILLALES — Asporulales en virgule ou en spirale. — Gram - négatif. — 2 familles.	**VIBRIONACÉES** — Incurvées en virgule ; courtes.	*Vibrio : V. comma* (choléra). *Cellibrio* (oxyde la cellulose). *Cellfalcicula* (oxyde la cellulose).
	SPIRILLACÉES — Spirales mobiles.	*Spirillum : Sp. undulla* (eaux putrides).
2° Classe des Sporulales.		
BACILLALES — Spore centrale, ne déformant pas le bâtonnet. — Hétérotrophes ; saprophytes ou parasites. — 2 familles.	**BASILLANACÉES** — Gram - positif.	*Bacillus : B. subtilis* (infusion de foin). *Bacteridium : B. anthracis* (Charbon des Moutons) est aérobie.
	INNOMINACÉES — Gram - négatif.	*Innominatus.*
CLOSTRIDIALES — Spores centrales, gonflant le bâtonnet. — Généralement anaérobies. — 2 familles.	**ENDOSPORACÉES** — Gram - négatif.	*Endosporas.* *Paraplectrum.*
	CLOSTRIDIACÉES — Gram - positif. — Anaérobies.	*Clostridium :* ferments butyriques, destructeurs des débris végétaux ; *C. botulinum* (produit dans les conserves mal stérilisées le poison dangereux appelé *botuline*) ; *C. septicum* (= vibrion septique ; agent de la gangrène gazeuse). *Welchia* (gangrène gazeuse). *Inflabilis.*
PLECTRIDIALES — Spores terminales. — Généralement anaérobies. — 2 familles.	**TERMINOSPORACÉES** — Gram - négatif.	*Terminosporus.* *Caduceus* (destruction de la cellulose).
	PLECTRIDIACÉES — Gram - positif.	*Plectridium : P. tetani* (tétanos). *Acuformis.*
SPOROVIBRIONALES — Gram - négatif. — Anaérobies stricts.		*Sporovibrio :* genre unique, (agent de la réduction des sulfates).
II. Sous-embranchement des MYCOBACTÉRIALES (à pseudo-mycélium).		
1° Classe des Actynomycetales. — Bâtonnets courts ou allongés. — Pseudo-mycélium.		
ACTINOBACTÉRIALES — Non acido-résistantes. — 2 familles.	**SPHAEROPHORACÉES** — Gram - négatif.	*Sphaerophorus :* anaérobies stricts. *Sphaerocillus.* *Fusiformis* (fusobactérioses). *Fusocillus* (fusocilloses). *Leptotrichia* (aérobies et anaérobies).
	ACTINOMYCETACÉES — Gram - positif.	*Actinomyces : A. bovis* (tumeurs osseuses de la mâchoire des Bœufs) ; *A. madurae* (tumeur du pied humain aux Indes). *Nocardia* (agent du *farcin* ; espèces productrices de substances antibiotiques). *Streptomyces* (aérobie) : nombreuses espèces productrices d'antibiotiques comme *S. grisens (streptomycine).* *Micromonospora.* *Corynebacterium : C. diphteriae* (aérobie) est le « Bacille de Lœffler » (diphtérie). *Actinobacterium :* anaérobie strict (actinobactérioses). *Erysipelothrix* (aérobie) : agent du *rouget* du Porc. *Listeria* (aérobie) : listérioses.
MYCOBACTÉRIALES — Acido-résistantes. — Famille unique	**MYCOBACTÉRIACÉES** — Bâtonnets aérobies.	*Mycobacterium* (genre unique) : *M. tuberculosis* ou Bacille de Koch (tuberculose) ; *M. leprae* ou Bacille de Hansen (lèpre).

suite à la page suivante

2. Embranchement des Bactérioschizophytes ou Bactéries. *(suite)*

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
2° Classe des Myxobactériales. — Bactéries muqueuses (excrétion de mucus). — Bâtonnets flexibles. — Corpuscules reproducteurs. — Habitat : sols, fumier, crottin, etc. — Les colonies peuvent *s'enkyster*.		
MYXOCOCCALES — Sphériques. — 1 famille.	**MYXOCOCCACÉES**	*Myxococcus.* *Chondrococcus.* *Angiococcus.*
ANGIOBACTÉRIALES — Allongées. — 3 familles.	**ARCHANGIACÉES**	*Archangium. Stelangium.*
	SORANGIACÉES	*Sorangium* (genre unique).
	POLYANGIACÉES	*Polyangium ; Synangium ; Melittangium ; Chondromyces.*
ASPORANGIALES — 1 famille.	**CYTOPHAGACÉES** — Cellules longues et minces. — Gram- négatif.	*Sporocytophaga.* *Cytophaga.* *Flexibacter.*
3° Classe des Azotobactériales. — Cellules en bâtonnets ou en forme de Levure. — Fixation de l'azote atmosphérique. — 1 famille.		
	AZOTOBACTÉRIACÉES (famille unique).	*Azotobacter.* *Beijerinckia.*
III. Sous-embranchement des Algobactériales. — Bactéries aquatiques, autotrophes. — Affines aux Cyanophycées.		
1° Classe des Siderobactériales. — Inclusions ferriques.		
CHLAMYDO-BACTÉRIALES — Incolores, filamenteuses. — Reproduction par conidies ou par essaims mobiles. — Gram- négatif. — 3 familles.	**CHLAMYDOBACTÉRIACÉES** — Eaux douces.	*Sphaerotilus ; Leptothrix ; Toxothrix.*
	CRENOTRICHACÉES — Eaux douces et marines.	*Crenothrix.* *Clonothrix.*
	SIDEROCAPSACÉES — Eaux douces.	10 genres très voisins : *Siderocapsa, Ferribacterium, etc.*
CAULOBACTÉRIALES — Cellules asymétriques. — 2 familles.	**CAULOBACTÉRIACÉES** — Eaux douces et marines.	*Caulobacter.* *Siderophacus.*
2° Classe des Thiobactériales (= Sulfobactériales). — Cellules de formes variées. — Sulfuraires (soufre colloïdal). — Contiennent des bactériochlorophylles.		
RHODOBACTÉRIALES —Rouges (pigment caroténoïde) en général. — Soufre intracellulaire. — 3 familles.	**THIORHODACÉES** — Anaérobies.	13 genres : *Thiocystis, Thiocapsa, Tiothace, Thiosarcina, Thiopedia, Lamprocystis, Rhabdomonas,* etc.
	THIOBACTÉRIACÉES — Incolores. — Oxydent SH_2 en S.	*Thiobacterium, Macromonas, Thiospira, Thiovulum.*

suite à la page suivante

2. Embranchement des Bactérioschizophytes ou Bactéries. *(suite et fin)*

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
RHODOBACTÉRIALES	**ATHIORHODACÉES** — Petites Bactéries de formes diverses.	*Rhodopseudomonas; Rhodospirillum; Pelochromatium.*
CHLOROBACTÉRIALES — Bactéries vertes. — 2 familles.	**CHLOROBACTÉRIACÉES**	*Chlorobium; Clathrochloris; Pelodyction; Tetrachloris; Microchloris.*
	CHLOROCHROMATIACÉES	*Chlorochromatium; Chlorobacterium; Cylindrogloea.*
BEGGIATOALES — Incolores; trichomes ou cellules isolées. — Eaux douces et salées; matières organiques en décomposition. — Soufre intracellulaire. — 2 familles.	**BEGGIATOACÉES**	*Beggiatoa; Thiothrix; Thiaspirillopsis; Thioploca.*
	ACHROMATIACÉES	*Achromatium.*
IV. Sous-embranchement des PROTOZOOBACTÉRIALES.		
Classe unique des Spirochétales (2 familles). — Cellules élancées, spiralées. — 6 à 500 µ de long.		
	SPIROCHETACÉES — Spires grossières (30 à 500 µ). — Eaux fraîches ou salées stagnantes. — Intestin des Lamellibranches.	*Spirochaeta : S. plicatilis* (eaux polluées, boue). *Saprospira :* limons marins. *Critispira : C. balbianii* (parasite des Mollusques et des Termites).
	TREPONÉMACÉES — Spires fines (4 à 16 µ). — Parasites des Vertébrés.	*Treponema : T. pallida* = Tréponème pâle, (agent de la syphilis). *Borrelia* (fièvres récurrentes; spirochétoses aviaires). *Leptospira : L. ictero-hemorragiae* (fièvre ictéro-hémorragique); *L. icteroides* (fièvre jaune).

3. Embranchement des Rhodophycophytes ou Algues rouges.

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES	
I. Sous-embranchement des PROTOFLORIDÉES (environ 40 genres).			
BANGIALES — voir p. 47.	**PORPHYRIDIACÉES**	*Porphyridium : P. cruentum* forme des plaques d'un rouge vineux dans les endroits humides et salés. *Chroothece : Ch. richterianum* (eau douce, rare).	A archéthalle.
		Asterocytis (eau douce et marine). *Goniotrichum* (marine).	Petit protothalle dressé.
		Nevea : N. repens (marine).	Protothalle prostré.
		Conchocelis : C. rosea (marin, sur le calcaire des Lamellibranches, etc.)	Protothalle complet.
	BANGIACÉES	Genres à spores isolées : *Erythrotrichia, Porphyropsis* (épiphytes; 0,5 à 4 cm de haut), etc., tous marins. Genre à bi = ou tétraspores : *Bangia* (eau douce ou marine; 5 à 15 cm, en touffes); *Porphyra* (jusqu'à 40 cm).	
COMPSOPOGONALES — voir p. 47.		*Compsogon :* genre unique (cours d'eau tropicaux).	
II. Sous-embranchement des FLORIDÉES (environ 520 genres, presque tous marins).			
NEMALIONALES — Caractères archaïques (Eofloridées).		*Acrochaetium* et ses alliés.	Pas de cladomes.
		Batrachospermum; Sirodatia; Lemanea; Nemalion; etc.	Cladomes à un ou plusieurs axes.

suite à la page suivante.

3. Embranchement des Rhodophycophytes ou Algues rouges. *(suite et fin)*

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
CHAETANGIALES — Carposporophytes logés dans un *cystocarpe*.	Mésofloridées	*Galaxaura, Actinotrichia* (mers chaudes), *Chaetangium, Scinaia* (marins).
GELIDIALES — Carposporophytes se développant dans des cladomes fertiles.		*Gelidium ; G. corneum* donne la gélose (agar-agar). *Pterocladia* (marin).
GIGARTINALES — Développement des carposporophytes mettant en jeu des cellules auxiliaires engendrées par des cellules-mères non différenciées.		*Furcellaria, Halorachnion. Plocamium, Gracilaria, Gigartina, etc. Phyllophora, Cruoria, Petrocelis* (Algues incrustantes).
CRYPTONEMIALES — Cellules auxiliaires à cellules-mères différenciées.		*Hildebrandtia, Peyssonnelia, Dudresnaya, etc. Melobesia, Corallina, etc.*
RHODYMENIALES — Cellules-mères des auxiliaires différenciées.		*Champia, Lomentaria, etc. Rhodymenia, etc.* (cladomes plats et compacts).
BONNEMAISONIALES — Pas d'auxiliaires. — Carposporophyte et tétrasporophyte à 2*n* chromosomes. — 2 familles.	**NACCARIACÉES**	*Naccaria*
	BONNEMAISONIACÉES	*Bonnemaisonia Asparagopsis*
CERAMIALES — Des auxiliaires. — Idem. (les Bonnemaisoniales et les Céramiales forment le groupe des Métafloridées).	**CERAMIACÉES**	*Ceramium, Antithamnion, Griffithsia, Plumaria, etc.*
	DELESSÉRIACÉES Sur les côtes tempérées dans les endroits ombragés. Frondaison.	*Delessaria : D. sanguinea. Phycodrys : P. rubens. Nitophyllum*
	RHODOMÉLACÉES	*Rhodomela, Chondria, Laurencia, etc.* Fausses tiges *(caulidies)* et fausses feuilles *(phyllidies)*.

4. Embranchement des Chromophycophytes ou Algues brunes.

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
I. Sous-embranchement des PROPYRROPHYCÉES. — Présence d'amidon (en général). — Cellules nageuses garnies de fouets (type dit *monadoïde*).		
1° Classe des Pocillophycinées. (avec amidon).		*Pocillomonas flos-aquae :* espèce unique (eau douce) dont l'existence est contestée (elle n'a été observée qu'une fois).
2° Classe des Paracryptophycinées. (sans amidon).		*Chrysophaeum taylori :* Algue unicellulaire des îles Tortugas, vivant en colonies ramifiées (décrite une seule fois ; espèce unique).
II. Sous embranchement des PYRROPHYCÉES. — Plus évoluées que les précédentes. — Grains d'amylon. — Cellules nageuses garnies de fouets. — Chloroplastes généralement bruns ; parfois encore bleus ou rouges. — La plupart ont évolué vers le type monadoïde (ressemblent à des animaux unicellulaires). — 4 classes. — Voir p. 48.		
1° Classe des Cryptophycinées. — Plastes bruns, bleus ou rouges. — 13 *g*, 80 *e*.		
CRYPTOCOCCALES — Thalle unicellulaire.		*Tetragonidium :* genre unique.
CRYPTOMONADALES — Thalle unicellulaire nageur.		Plusieurs genres marins et d'eau douce : *Cryptomonas, Chilomonas, etc.*

suite à la page suivante

4. Embranchement des Chromophycophytes ou Algues brunes. *(suite)*

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
PROTOZOAIRES CRYPTOFLAGELLÉS — Pas de chlorophylle. — Parasites et mangeurs de proies solides (nutrition de type animal).		*Cyathomonas* (flagellés) ; *Pamphagus* (amiboïdes) ; *Paradinium* (amiboïdes).
2° Classe des Dinophycinées. — Plastes généralement bruns. — Cellules nageuses. — 130 *g*, 1 300 *e*.		
DINOTRICHALES — Protothalle microscopique.		*Dinothrix ; Dinoclonium.*
DINOCOCCALES — Thalle unicellulaire inerte. — Mer, eau douce.		*Stylodinium ; Phytodinedria ; Cystodinium ; Pyrocystis.*
DINOMONADALES — Unicellulaires, nageuses. — Environ 60 genres ; eaux douces ou marines. — Tunique cellulosique.		Péridiniens *(Peridinium, etc.)* ; Glénodiniens *(Glenodinium, etc.)* ; Gymnodiniens *(Gymnodinium, Polykrikus)* ; *Torodinides; Amphidinides (Dinophysis, Amphidinium)* ; *Adinides (Prorocentrum Exuviella, Cyanophora, etc.).*
PROTOZOAIRES DINOFLAGELLÉS — Pas de chlorophylle, ni de tunique cellulosique. — Nutrition de type animal (proies solides).	groupes rattachés	Certains Péridiniens; nombreuses espèces de Gymnodiniens : partiellement protozoaires. Totalement protozoaires : *Pouchetia* et les Pouchetidés (corps tordu, œil complexe) ; *Noctiluca* (agent de la phosphorescence de la mer) ; *Plectidinium ; Dinamoebidium.*
PROTOZOAIRES BLASTODINIENS — Parasites ; sans chlorophylle.	groupes rattachés	*Blastodinium* (parasites des Copépodes marins) ; *Syndinium, Coccidinium.*
PROTOZOAIRES ZOOGAMÈTES	groupes rattachés	Voir *Zoologie :* Radiolaires, Foraminifères, Sporozoaires.
3° Classe des Raphidophycinées. — Cellules nageuses. — Plastes verts. — 7 *g*, 10 *e*.		
RAPHIDOMONADALES (= CHLOROMONADALES)		*Raphidomonas (= Gonyostomum)* : eau douce. *Vacuolaria* (eau douce).
PROTOZOAIRES RAPHIDOFLAGELLÉS — Pas de chlorophille ; nutrition animale.	groupe rattaché	*Thaumatomastix ; Reckertia, etc.*
4° Classe des Euglenophycinées. — Paramylon présent. — 40 *g*, 800 *e*.		
EUGLENOMONADALES — Presque toutes d'eau douce.		*Euglénines : Euglena, Euglenamorpha ;* *Astasines* (incolores) : *Distigma, Astasia, Rhabdomonas, etc.*
PROTOZOAIRES EUGLENOFLAGELLÉS (= PÉRANÉMINES)		*Peranema, Heteronema, Scytomonas, etc.*

suite à la page suivante

4. **Embranchement des Chromophycophytes ou Algues brunes.** *(suite)*

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
III. Sous-embranchement des CHRYSOPHYCÉES. — Proches des Pyrrophycées. — Moins monadoïdes dans l'ensemble. — Protothalles et cladomes fréquents.		
1° Classe des Chrysophycinées — Plastes bruns, parfois bleus ou rouges. — Pas de squelette siliceux. — Cette classe est *jumelle* de la suivante. — 175 *g*, 800 *e*.		
CHRYSOTRICHALES — Filamenteuses. — Protothalle ; quelquefois cladomes.		*Phaeodermatium ; Hydrurus* (eaux douces) ; *Nematochrysopsis* (marines) ; *Apistonema.*
CHRYSOSPHAERALES — Coccoïdes.		*Chrysosphaera.*
CHRYSOMONADALES — Monadoïdes (individus unicellulaires, nageurs).		Typiques : *Pascherella, Microglena, Kephyrion, Monochrysis, etc.* Non typiques : *Chrysococcus* (1 seul fouet), *Hymenomonas* (eau douce ; 2 fouets égaux) ; *Coccolithus* (eau de mer, 2 fouets égaux) ; *Ochrosphaera* (Méditerranée, 2 fouets inégaux).
CHRYSORHIZIDALES — Amiboïdes ; en général : pas de fouet.		*Chrysamoeba ; Cyrtophora.*
PROTOZOAIRES CHRYSOFLAGELLÉS — Incolores, mangeuses de proies solides.		*Monas ; Oikomonas.*
2° Classe des Xanthophycinées — Plastes vert-jaune. — Pas de squelette siliceux. — Classe *jumelle* de la précédente. — 115 *g*, 500 *e*.		
XANTHOTRICHALES — Filamenteuses.		*Tribonema* (presque tous d'eau douce).
XANTHOSIPHONALES et VAUCHERIALES — Thalle non cloisonné.		*Vaucheria ; Ophiocytium ; Botrydium ; etc.*
XANTHOSPHAERALES — Coccoïdes.		*Halosphaera* (plancton marin).
XANTHOMONADALES		Rares : *Chloramoeba, etc.*
XANTHORHIZIDALES		
PROTOZOAIRES XANTHOFLAGELLÉS		
3° Classe des Silicophycinées — Algues marines microscopiques. — Un squelette siliceux formé d'éléments tubuleux. — Plastes bruns : pas d'amidon. — 15 *g*, dont 14 fossiles.		
SILICOMONADALES (ordre unique)		*Dictyocha* (plancton marin) : unique genre vivant.

suite à la page suivante

4. Embranchement des Chromophycophytes ou Algues brunes. *(suite et fin)*

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
4° Classe des Bacillariophycinées (= Diatomées). — Un squelette siliceux formé de deux valves (la « boite » et son « couvercle »). — 190 *g*, 6 000 *e*, marines, d'eau douce ou fossiles.		
DIATOMÉES CENTRALES — Surtout marines. — Ornementation centrale.	**DISCACÉES**	*Cyclotella, Melosira, etc.*
	SOLENIACÉES	*Rhizosolenia, Corethron, etc.*
	BIDDULPHIACÉES	*Attheya, Biddulphia, etc.*
	RUTILARIACÉES	*Rutilaria.*
DIATOMÉES PENNALES — Marines, eau douce. — Ornementation symétrique.	**NITZSCHIACÉES**	*Nitzschia, Bacillaria, etc.*
	EPITHEMIACÉES	*Epithemia, etc.*
	SURIRELLACÉES	*Surirella, etc.*
	NAVICULACÉES	*Navicula, etc.*
	ACHNANTHACÉES	*Achnanthes, etc.*
	EUNOTIACÉES	*Eunotia, Peronia.*
	FRAGILARIACÉES	*Diatoma, etc.*
5° Classe des Craspedophycinées (= Craspédomonadines). Organismes monadoïdes : origine probable des Métazoaires (voir *Zoologie*).		
IV. Sous-embranchement des PHEOPHYCÉES. — Jamais monadoïdes, thalle toujours multicellulaire. — Le plus souvent : cladomes. — Plastes bruns ; pas d'amylon.		
Classe unique des Pheophycinées (= Algues brunes au sens strict). — 260 *g*, 2 000 *e* ; — 30 familles groupées en 12 petits ordres. — Cycle digénétique (Pheosporées) ou monogénétique (Cyclosporées). — Voir p. 48.		
Cycle digénétique : ***ECTOCARPALES***	**ECTOCARPACÉES** — Pas de cladomes ; — Cycle imparfait.	*Ectocarpus, etc.*
CHORDARIALES	**ELACHISTACÉES**	*Elachista, etc.* } Sans cladomes.
	MYRIONEMACÉES	*Myrionema, etc.* } Sans cladomes.
	CHORDARIACÉES	*Mesogloia, Chordaria, etc.* } Cladomes à axe unique ; planogamie.
	SPERMATOCHNACÉES	*Spermatochnus, etc.* } Cladomes à axe unique ; planogamie.
DESMARESTIALES	**DESMARESTIACÉES**	*Desmarestia, Arthrocladia* } Cladomes à axe unique, oogamie.
SPOROCHNALES	**SPOROCHNACÉES**	*Sporochnus, Nereia,* } Cladomes à axe unique, oogamie.
PUNCTÀRIALES	**PUNCTARIACÉES**	*Punctaria* } Pas d'axe ; planogamie.
SCYTOSIPHONALES ET LEURS ALLIÉES	**SCYTOSIPHONACÉES ET LEURS ALLIÉES**	*Scytosiphon* } Pas d'axe ; planogamie.
LAMINARIALES	**LAMINARIACÉES** (oogamie).	*Chorda ; Laminaria* (Laminaires) ; *Alaria ; Nereocystis* (jusqu'à 50 cm ; côtes d'Amérique).
TILOPTERIDALES	**TILOPTERIDACÉES**	*Tilopteris, Haplospora :* protothalle sans cladomes.
SPHACELARIALES	**SPHACELARIACÉES**	Avec ou sans cladomes typiques : *Sphacella.*
CUTLÉRIALES	**CUTLERIACÉES** }	Cladomes atypiques.
DICTYOTALES	**DICTYOTACÉES** }	Cladomes atypiques.
FUCALES — Cycle monogénétique. — Diploïdes. — Oogamie, cladomes avec ou sans axes.	**FUCACÉES ET LEURS ALLIÉES**	*Fucus : F. serratus, F. vesiculosus, etc. Pelvetia ; Sargassum ; etc.*

5. Embranchement des Chlorophycophytes ou Algues vertes, au sens strict.

ORDRES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
I. Sous-embranchement des ZYGOPHYCÉES Pas de cellules nageuses, ni de spores directes . — 40 g, 4 000 e — Voir p. 48.	
MESOTENIALES — Archaïques. — Archéthalle massif ou linéaire et dissocié. — Parois cellulaires non bivalves.	*Mesotaenium ; Spirotaenia ; etc.*
ZYGNEMIALES — Evoluées. — Archéthalle filamenteux ; parfois un protothalle. — Parois cellulaires non bivalves.	*Zygnema, Mougeotia, Spirogyra* (Spirogyres).
DESMIDIALES — Parois cellulaires bivalves. — Archéthalle linéaire, souvent dissocié.	*Netrium, Closterium, Micrasterias, Cosmarium, etc.*
II. Sous-embranchement des EUCHLOROPHYCÉES — Algues vertes typiques. — Voir p. 48.	
1° Classe des Prasinophycinées.	
PRASINOCOCCALES — Zoospores possédant un *cratère vestibulaire* pour l'insertion des fouets. — Thalle unicellulaire coccoïde.	*Halosphaera viridis :* espèce unique (marine).
PRASINOVOLVOCALES — Un cratère vestibulaire. — Thalle monadoïde.	*Platymonas,* Chlorodendron, *Pyramidomonas,* Polyblepharides : à corps pyramidal. *Prasinochlamydomonas, Prasinocarteria :* à corps globuleux. *Trichloris, Dangeardinella :* fouets et cratère modifiés.
2° Classe des Euchlorophycinées. — Cratère vestibulaire remplacé par une papille.	
Pluricellulaires. — Zoospores et zoogamètes, cellules nageuses. — ***ULOTRICHALES***	*Apatococcus* (microscopiques, aériennes) ; *Chaetophora* (eau douce, pierres et coquilles) ; *Entocladia ; Ulothrix* (eau douce et marine) ; *Ulva* (marines) ; *Monostroma.*
Pluricellulaires. — Zoospores et zoogamètes, cellules nageuses. — ***OEDOGONIALES***	*Oedodadium ; Bulbochaete.*
Pluricellulaires. — Idem, mais appareil plastidial uniquement pariétal. — ***MICROSPORALES***	*Microspora* (eau douce) : genre unique, sans amylon.
Pluricellulaires. — Idem, mais appareil plastidial uniquement pariétal. — ***TRENTEPOHLIALES*** (amylifères)	*Trentepohlia ;* remarquable adaptation à la vie aérienne (arbres, rochers).
Pluricellulaires. — Pas de zoopores, mais des aplanospores. — ***PLEUROCOCCALES***	*Pleurococcus* (Algues aériennes).
Pluricellulaires. — Pas de zoopores, mais des aplanospores. — ***PRASIOALES***	*Prasiococcus ; Prasiola ; Feldmannodora.*
Plus ou moins siphonées. — Hémisiphonées. — ***SPHAEROPLEALES***	*Sphaeroplea :* genre unique (thalle segmenté en anneaux).
Plus ou moins siphonées. — Hémisiphonées. — ***CLADOPHORALES***	*Spongomorpha ; Lola ; Urospora ; Anadyomene.*
Plus ou moins siphonées. — Eusiphonées : siphons sans cloison où peuvent se former des *cystes*. — ***CHLOROCHYTRIALES***	*Phyllobium ; Chlorochytrium ; Endosphaera.*
Plus ou moins siphonées. — Eusiphonées : siphons sans cloison où peuvent se former des *cystes*. — ***SIPHONOCLADALES***	*Siphonocladus ; Valonia ; Struvea.*
Plus ou moins siphonées. — Eusiphonées : siphons sans cloison où peuvent se former des *cystes*. — ***DASYCLADALES***	*Dasycladus ; Batophora ; Neomeris ; Acetabularia.*

suite à la page suivante

5. Embranchement des Chlorophycophytes ou Algues vertes, au sens strict. *(suite et fin)*

ORDRES			PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
Plus ou moins siphonées (suite)	Eusiphonées typiques.	***DERBESIALES***	*Halicystis* (gamétophyte) et *Derbesia* (sporophyte) : genre unique (marin).
		CODIALES	*Bryopsis ; Codium.*
		CAULERPALES	Toutes marines : *Caulerpa, Halimeda.*
		DICHOTOMO-SIPHONALES	*Dicotomosiphon* (genre unique).
		EUCHLOROCOCCALES (coccoïdes)	*Characium ; Hydrodictyon* (5 à 20 cm) ; *Oocystis ; Crucigenia ; Botryococcus* (colonies dans les eaux douces) ; *Eremosphaera ; Trebouxia ; Dictyocystis.*
		EUCHLORO-VOLVOCALES (monadoïdes)	*Chlamydomonas* (plusieurs centaines d'espèces ; eaux douces) ; *Cylindromonas ; Dunaliella ; Palmella ; Stephanosphaera ; Gonium ; Volvox ; Tetrablepharis ; etc.*
III. Sous-embranchement des CHAROPHYCÉES.			*Chara, Lamprothamnium, Lychnothamnus, Nitellopsis* (= famille des Characées). *Nitella, Tolypella* (= famille des Nitellacées).

6. Embranchement des Ascomycètes.

C'est l'embranchement le plus vaste et le plus complexe du règne végétal. La classification proposée est, dans ses grandes lignes, celle de M. Chadefaud.

SUPER-ORDRES		ORDRES	FAMILLES OU SUPER-FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
LABOULBENIOMYCETES — Voir p. 53. — Ascomycètes cladomiens.		***LABOULBENIALES*** — Ordre unique. — Champignons dressés en petite colonne. — Parasites des Insectes.		Pleuridies sur tous les segments : *Stichomyces ; Histeridomyces ; Peyritschiella.* Pleuridies développées sur le segment basilaire : *Monoicomyces ; Microsomyces ; Laboulbenia ; Trenomyces.* Pleuridies basilaires + cladomes secondaires : *Rickia ; Rhachomyces.* Pleuridies développées dans la région du sommet : *Amphimyces ; Kainomyces ; Misgomyces ; Tettigomyces ; Zodiomyces.*
DISCOMYCETES — Voir p. 53. — Hyménium dans un réceptacle charnu, ouvert en forme de coupe ou de disque. — Chapeau porté sur un pied, ou bien hyménium enfermé dans un tubercule souterrain.	LECANORIENS	***LECANORALES*** — Apothécies de type primitif.		Espèces lichénisantes → Lichens lécanoriens (Ascolichens).
			PATELLARIACÉES	*Patellaria ; Abrothallus ; Buellia.*
	HELOTIENS	***HYPODERMALES*** — Asques en massue. — Phyticoles.		*Rhytisma ; Coccomyces* (parasites foliaires). *Clithris* (lignicoles).
			SPATHULARIACÉES	*Spathularia.*
		HELOTIALES — Asques pourvus d'un anneau apical.	**PHACIDIACÉES** — Phyticoles.	*Phacidium ; Stegia* (sur le Houx) ; *Heterosphaeria patella* (sur Ombellifères) ; *Trochila* (sur le Laurier-Cerise).
			HELOTIACÉES — Super-famille complexe de Champignons discopodiens, charnus ou gélatineux ; couleurs parfois vives.	Bulgaria (Bulgariacées) ; *Cenangium ; Coryne. Sclerotinia* (Sclérotiniacées) ; *Helotium, Chlorosplenium, etc.* pratiquement sans pied, translucide ou de couleur : gris, gris-bleu, gris-vert ; parfois de couleurs vives. *Dasyscypha* (Hyaloscyphacées) ; *Arachnopeziza ; Mollisia* (Mollisiacées). *Orbilia* (Orbiliacées) ; *Hyalinia.*
	LEOTIENS	***OSTROPALES***		*Ostropa ; Stictis.*
		LEOTIALES	**LEOTIACÉES** — Tête arrondie, nettement distincte du pied.	*Leotia.*
		SARCOSCYPHALES	**SARCOSCYPHACÉES** — Rigides et tenaces ; jamais terrestres. — Rouges ou noirâtres.	*Sarcoscypha (S. coccinea, etc.). Urnula.*

suite à la page suivante

SUPER-ORDRES	ORDRES	FAMILLES OU SUPER-FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
DISCOMYCETES *(suite)*	**PEZIZÉENS** — ***PEZIZALES*** Champignons très évolués; seuls quelques-uns sont encore phyticoles (vivent sur des plantes), les autres vivent dans l'humus, sur les excréments, le charbon ou sont des Champignons terrestres.	**MORCHELLACÉES** — Taille plutôt grande ; aspect d'éponge ou de « dé à coudre ». Avec ou sans pied. — Spores lisses, elliptiques, à petites gouttes externes, jaunes ou rouille.	Avec pied : *Morchella* (Morilles) : *M. spongiola* (dans les sables) ; *M. vulgaris* (Morille brune) ; *M. rotunda* (Morille blonde). *Mitrophora* (Morillons). *Verpa*. Pas de pied distinct : *Disciotis venosa*.
		HELVELLACÉES — Assez grands; pas de couleurs vives. — Pied développé, bien différencié du chapeau. Spores lisses, à gouttes internes; chair élastique.	*Helvella* (Helvelles) : *H. macropus; H. sulcata; H. elastica; etc.* *Gyromitra : G. gigas* est comestible, *G. esculenta* peut provoquer des accidents graves; le genre est parfois classé parmi les Discinacées. *Acetabula*.
		DISCINACÉES	*Discina*.
		OTIDEACÉES — Non élastiques.	*Otidea : O. onotica* (Oreille d'Ane; jaune-ocre).
		ALEURIACÉES	*Aleuria; Sarcosphaera* (dans les bois de Pins; a causé des accidents).
		LACHNEACÉES — Apothécies poilues.	*Lachnea*.
		CILIARIACÉES — Apothécies poilues.	*Melastiza; Anthracobia*.
		HUMARIACÉES — Pas de poils; jaunes ou rouges. — Consistance cassante; pas de pied bien distinct.	*Peziza : P. aurantia,* d'une belle couleur jaune-orangé. *Geopyxis; Humaria; etc.*
		ASCOBOLACÉES — Petite taille, sur crottin et excréments divers. — Spores violettes (parfois).	*Ascobolus; Ascophanus; Streptotheca; Pyronema (P. confluens,* carbonicole).
	CALICIENS — ***CALICALES*** — Jamais charnus; ascospores souvent rondes. — Phyticoles.		*Coniocybe; Calicium; Lagenula; Tripospora; etc.*
PYRENOMYCETES — Voir p. 55.	**DOTHYDÉENS** — ***PLEOSPORALES*** — Asques renflés dans leur région inférieure.	**DOTHIDEACÉES**	*Dothidea; Dothidella* (*D. ulmi* attaque les feuilles des Ormes). *Lasiobotrys : L. lonicerae* (parasite des Chèvrefeuilles). *Mycosphaerella* : ils tachent les feuilles de certaines plantes comme le Pois *(M. pinodes),* les Fraisiers *(M. fragariae),* les Poiriers *(M. sentina),* les Betteraves *(M. tabifica)*.
		CAPNODIACÉES	*Capnodium; Limacinia.* Forment sur les feuilles et les jeunes tiges de nombreuses plantes des enduits noirs et compacts appelés *fumagine*.
		PLEOSPORACÉES	*Pleospora; Ropographus; Ascospora; Didymella; Massaria; etc. Didymosphaeria populina* attaque les pousses de Peupliers; *Ophiobolus herpotrichus,* associé à d'autres Champignons, provoque le *piétin* (maladie de la base des Chaumes).
		VENTURIACÉES	*Venturia : V. pirina* (→ tavelure des poires) ; *V. inaequalis* (→ tavelure des pommes). *Gibbera; Coleroa; Acanthostigma* (attaque les aiguilles des Sapins).
		Autres familles : **STIGMATEACÉES** **MICROTHYRIACÉES** **PARODIELLINACÉES** **MICROTHYRIELLACÉES**	
	DOTHORIALES — Asques dilatés au sommet.	**PRINGSHEIMIACÉES**	*Guignardia : G. bidwellii* provoque le *black-rot* de la Vigne. *Bertia; Physalospora*.
		BOTRYOSPHAERIACÉES	*Botryosphaeria*.
		HYSTERIACÉES	*Glonium; Hysterium*.
		ATHICIACÉES	*Atichia; Phycopsis*.
		DOTHIORACÉES	*Dothiora; Bagnisiella*.

suite à la page suivante

6. Embranchement des Ascomycètes. *(suite)*

SUPER-ORDRES		ORDRES	FAMILLES OU SUPER-FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
PYRENOMYCÈTES *(suite)*	**DOTHY-DÉENS**	***MYRANGIALES*** — Asques globuleux.		*Uleomyces ; Elsinoë ; Myriangium.*
	SPHAERIACÉENS	***CORONOPHORALES*** — Champignons lignicoles.		*Coronophora ; Nitschkea ; etc.*
		DIAPORTHALES — Phyticoles.	**DIAPORTHACÉES**	Diaporthe ; *D. perniciosa* produit le *die-back* des Pruniers et Pommiers. *Endothia parasitica* → *chancre* des Châtaigniers.
			MELANCONIDACÉES	*Melanconis ; M. modonia* provoque l'*encre* du Châtaignier.
			GNOMONIACÉES	*Gnomonia :* attaquent les feuilles de certaines plantes : *Gn. erythrostoma* (feuilles et fruits du Cerisier) ; *Gn. veneta* (Platanes) ; *Gn. leptostyla* (Noyer, noix vertes).
			Autres familles : **CLYPEOSPHAERIACÉES** **CERATOSTOMACÉES**	
		SORDARIALES	**LASIOSPHAERIACÉES** (lignicoles).	*Bombaria ; Lasiosphaeria ; Leptospora ;* Pleurage.
			SORDARIACÉES	*Sordoria* (fimicole).
			MELANOSPORACÉES	*Melanospora ; Neurospora ; Gelasinospora.*
		NECTRIALES	**NECTRIACÉES** Phyticoles, fungicoles parfois dévoreurs de Cochenilles.	*Hypocrea ; Podocrea. Nectria : N. galligena* → chancre du Pommier ; *N. cinnabarina* → « maladie rouge » du Marronnier, du Tilleul, de l'Erable, de l'Orme, etc. *Hypomyces : H. perniciosus* produit la *môle* du Champignon de couche ; *Fusarium* (attaque le Riz, la Tomate, etc.).
		DIATRYPALES	**DIATRYPACÉES**	*Eutypa ; Diatrype ; Diatrypella.*
			ANTHOSTOMACÉES (voir aussi : Xylariales).	*Anthostoma* (lignicole).
		XYLARIALES (voir : Diatrypales).	**XYLARIACÉES** (lignicoles).	*Nummularia ; Hypoxylon ; Ustulina ; Xylaria ; Poronora. Rosellinia : R. necatrix* → *pourridié* de la Vigne. *Xylobotryum.*
		HYPONECTRIALES	**HYPONECTRIACÉES**	*Hyponectria : H. buxi* (sur le Houx).
		GLOMERELLALES (Chadefaud)		*Glomerella ; Gibbelina ;* etc. *Glomerella fructigena* → *pourriture amère* des pommes, poires et coings ; *Gl. cingulata* attaque la Tomate et le Manioc, etc. *Phyllachora graminis :* attaque les feuilles des Graminées. *Polystigma.*
	CLAVICI-PITIENS	***CLAVICIPITALES***	**CLAVICIPITACÉES** (parasites des plantes).	*Epichloë : E. typhina* sur les Chaumes verts. *Oomyces ; Balansia. Claviceps :* parasites dans l'ovaire de diverses Graminées ; Cl. purpurea — *l'ergot* du Seigle. *Cordyceps :* parasite d'Insectes.
Ascomycètes dont les asques sont disposés sans ordre (= structure plectascée) et dont les ascocarpes demeurent clos. Il ne s'agit pas d'un super-ordre particulier mais d'un groupe comprenant des **Discomycètes (D)** et des **Pyrenomycètes (P).**		***TUBERALES (D)***		*Genea ; Pachyphloeus ; Pseudobalsamia. Terfezia :* carpophore lisse, chair pâle, grande taille. Spores sphériques à verrues, coniques ou allongées, surtout régions méditerranéennes. *Hydnocystis ; Stephensia. Tuber* (Truffes) : carpophore rugueux ou lisse ; glèbe veinée ; spores oblongues ou sphériques. *T. melanosporum* (Truffe noire du Périgord), *T. aestivum ; T. brumale. Geopora ; Choiromyces.*
		ELAPHOMYCETALES (D)	**ELAPHOMYCETACÉES**	*Elaphomyces* (Truffes de Cerf) ; *Ascosderoderma.*
			ONYGENACÉES	*Onygena* (genre unique).
				Mesophelia ; Trichocoma.

suite à la page suivante

6. Embranchement des Ascomycètes. *(suite et fin)*

SUPER-ORDRES	ORDRES	FAMILLES OU SUPER-FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
Ascomycètes dont les asques sont disposés sans ordre *(suite)*	***ERYSIPHALES (P)*** Presque toutes parasites des Végétaux.	**MELIOLACÉES** Parasites de feuilles (surtout tropicales).	*Pampolysporium; Alina; Stomatogene; Piline. Amazonia; Meliola; Parodiopsis; Englerula.*
		ERYSIPHACÉES Agents des *oïdiums* des plantes supérieures.	*Leveillula; L. taurica* attaque le Sainfoin. *Phyllactinia: P. corylea* (sur Noisetiers, Frênes). *Erysiphe : E. graminis* (sur Graminées); *E. polygoni.* *Microsphaera : M. alphitoïdes,* agent de l'oïdium des jeunes Chênes. *Uncinula : U. necator* (oïdium de la Vigne). *Sphaerotheca : Sph. pannosa,* agent de l'oïdium des Rosiers et des Pêchers.
	EUROTIALES (P)	**THIELAVIACÉES**	*Thielavia : Th. basicola* provoque la *brunissure du collet* (Pois, Tabac, Bégonia).
		OPHIOSTOMACÉES (lignicoles).	*Ophiostoma : O. ulmi* détruit les Ormes.
		CHAETOMIACÉES	*Chaetomium :* attaque la cellulose des pailles pourrissantes, vieux papiers, etc.
		EUROTIACÉES	*Microascus; Magnusia; Cephalotheca; Eurotium :* leurs formes conidiennes sont les moisissures des genres *Penicillium, Aspergillus, Sterigmatocystis.* *Penicillium notatum* fournit la *pénicilline.* D'autres espèces interviennent dans la maturation des fromages (roquefort; camembert).
		GYMNOASCACÉES	*Amauroascus; Myxotrichum; Gymnoascus; Ctenomyces, Trichophyton.*
HÉMI-ASCOMYCÈTES. — Voir p. 55. — En principe : disparition des asques.	***ENDOMYCETALES*** A asques plus ou moins typiques.	**ENDOMYCETACÉES** (encore des asques).	*Endomyces : E. magnusii; E. lindneri; E. capsularis.*
		TAPHRINACÉES Parasites internes des plantes supérieures.	*Taphrina : T. deformans* (→ *cloque* des feuilles de Pêcher) *T. aurea* (→ *cloque* des feuilles de Peuplier); *T. pruni* (transforme les prunes en « pochettes »); *T. cerasi* (→ *balais de sorcière* du Cerisier).
		SACCHAROMYCETACÉES (Levures). à pouvoir de fermentation (alcoolique, glycérique).	*Saccharomyces : S. cerevisiae* (→ bière); *S. ellipsoideus* (→ vin); *S. apiculatus* (→ cidre). *Saccharomycodes; Zygosaccharomyces; Debaryomyces; Torulaspora; Schwanniomyces.*
		MYCOTORULACÉES	*Mycotorula; Candida : C. albicans* agent du *muguet* (maladie blanche des muqueuses : bouche, vagin, etc.). *Rhodotorula; Mycoderma : M. vini* (fleur du vin).
	DIPODASCALES Pas d'asques, mais un sporocyste plein d'ascospores.	**PÉRICYSTIDACÉES**	*Pericystis apis* provoque le *kalk-brut* des ruches d'Abeilles.
		PROTOMYCETACÉES	*Protomyces.*
		DIPODASCACÉES	*Dipodascus; Ascoidea.*
		EREMASCACÉES	*Eremascus.*
		SPERMOPHTORACÉES Parasites des fruits et des graines.	*Ashbya; Eremothecium.* *Nematospora coryli :* sur les noisettes pourrissantes. *Spermophtora gossypii :* dans les capsules du Cotonnier.

7. Embranchement des Basidiomycètes.

(On a indiqué entre parenthèses les plantes parasitées ou attaquées par des Champignons dans les cas les plus communs.)

GRANDS GROUPES D'ORDRES	ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
ARCHEOBASIDIÉS (voir p. 57).	***UREDINALES*** — Voir p. 57. — Parasites spécifiques des Végétaux *(rouilles).*	**CRONARTIACÉES** — Téliospores produisant des basides typiques.	*Cronartium* (sur Groseilliers, Pivoines, etc.); *Chrysomyxa* (Epicea, Pyroles).
		GRAPHIOLACÉES — Téliospores jouant elles-mêmes le rôle de basides.	*Graphiola phoenicis* (sur feuilles de Dattiers).

suite à la page suivante

7. Embranchement des Basidiomycètes. *(suite)*

GRANDS GROUPES D'ORDRES	ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
ARCHEOBASIDIÉS (voir p. 57).	***UREDINALES*** (suite) — Voir p. 57. — Parasites spécifiques des Végétaux *(rouilles)*.	**MELAMPSORACÉES** — Cellules clinodiales fonctionnant comme téliospores.	*Melamspora* (sur Saules et Peupliers, *Euphorbes*, etc.). *Thecospora ;* *Hyalospora* (sur Fougères), etc.
		COLEOSPORIACÉES — Plus de téliospores.	*Coleosporium ; Ochrospora* (sur les Rosacées) ; *Galloway*a.
		PUCCINIACÉES — Des téliospores et des basidio-sporophytes.	*Uromyces* (sur Papilionacées); *Hemileia* (rouille du Caféier) ; *Puccinia* (rouille des Céréales). *P. graminis (rouille noire) ; P. glumarum (rouille jaune) ;* *P. dispersa* (*rouille brune* du Seigle) ; *P. simplex* (*rouille naine* de l'Orge) ; etc. *Phragmidium* (Rosiers, Ronces etc.); *Tranzschelia pruni-spinosae* (rouille des Pruniers), etc.
		ENDOPHYLLACÉES — Pas de basidio-sporophytes.	*Endophyllum* (sur les Euphorbes, les Joubarbes, les Valérianes).
	USTILAGINALES — Id. — Provoquent le charbon et la *carie* des Végétaux.	**USTILAGINACÉES**	*Sphacelotheca* (Graminées, etc.), etc. *Ustilago* (→ chardon des Céréales) : *U. tritici* (Blé) ; *U. hordei* (Orge) ; *U. avenae* (Avoine) ; *U. maydis* (Maïs).
		TILLETACÉES	*Tilletia : T. tritici* (*carie* du Blé) ; *Entyloma ;* etc.
	SEPTOBASIDIALES — Voir p. 57. — Vivent en association avec des Cochenilles.		*Uredinella coccidiophaga :* parasite de Cochenilles. *Septobasidium pseudopedicellatum.*
	AURICULARIALES — Id.		*Auricularia* (Auriculaires) : sur Sureau, Hêtre, Noyer, etc: *A. auricula-judae* est comestible. *Hirneola* (Oreilles d'arbres) ; *Ecchyna faginea* (Hêtre) ; *Helicobasidium : H. purpureum* a pour mycélium le *Rhizoctone violet* (Asperge, Luzerne, Trèfle, etc.).
NEOBASIDIÉS (voir p. 57).	1° - Heterobasidiés		
	TREMELLALES — Lignicoles et gélatineuses.		*Tremella ; Exidia ; Gyrocephalus;* *Tremelladon ; Sebacina ; Tulsanella.*
	2° - Homobasidiés hyménomycètes		
	POLYPORALES — Carpophore sans voile; hyménium à développement progressif.	La classification des Polysporales en familles, reposant notamment sur les caractères du carpophore, est en grande partie artificielle (Chadefaud). Nous ne la donnerons pas ici.	**1 - Carpophore en coussinet ou en auvent ; hyménium sans fossettes.** *Exobasidium :* Champignons sans carpophore, parasite des Ericacées. *Corticium :* carpophore à surface *lisse ; C. solani* (sur Pomme de terre : *rhizoctone noir*). *Stereum : St. hirsutum.* *Merulius :* carpophore à surface *ridée ; Gyrophana lacrymans* (« Merule pleureur »), destructeur de poutres, boiseries, etc. Tramètes : carpophore à surface *porée ; Daedana.* Les *Hydnes* à surface fertile ornée de pointes, dents, ou palettes : *Acia, Odontia, Pleurodon, Hydnum repandum* (Pied de Mouton), comestible; *Phylacteria, Calodon, etc.*
			2 - Carpophore en coussinet ou en auvent ; des fossettes. (Champignons dits *vallicuiaires*) *Cyphella* (Cyphelles). *Fistulina : F. hepatica* (Fistuline hépatique ou Langue de bœuf), sur les troncs des Chênes (comestible). *Polyporus* (Polypores) : lignicoles ; *Phaeolus ; Ungulina* (*U. fomentaria :* Amadouvier) ; *Pleurotus ;* etc.
			3 - Carpophore en colonnette ; pas de fossettes. Les Clavaires : *Clavaria truncata ; Calocera ; Pterula ; Typhula ; etc.* Les Chanterelles : *Cantharellus ; C. cibarius* (Chanterelle jaune ou Girolle) ; *C. aurantiacus* (Fausse-Girolle qui ressemble au Clitocybe de l'Olivier, ce dernier toxique) ; *C. cinereus* (Chanterelle cendrée) ; ces espèces sont comestibles. *Craterellus ; C. cornucopioïdes* (Trompettes de mort), comestible ; *Nevrophyllum clavatum* (Chanterelle violette).

suite à la page suivante

GRANDS GROUPES D'ORDRES	ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
NEOBASIDIÉS (voir p. 57).	***AGARICALES*** — Carpophore d'abord revêtu d'un voile qui se déchire ensuite. — Surface fertile : lamelles rayonnantes. — Hyménium à développement simultané. — Systématique imparfaite ; nous présentons ici une répartition tenant compte surtout des parentés botaniques, différente des classifications dont le but est la reconnaissance pratique des espèces.	**HYGROPHORACÉES** — Basides longues, spores incolores et lisses.	*Hygrophorus :* genre unique subdivisé en 3 sous-genres : *Camarophyllus, Hygrocybe, Limacium.*
		LACTARIO-RUSSULACÉES — Basides courtes. — Chair dont chaque « grain » contient des cellules vésiculeuses : suc doux ou âcre secrété par des hyphes. — Spores incolores ou jaunes. — Espèces primitives, sans voile, et espèces évoluées, avec pseudo-voile partiel formant un anneau autour du pied.	*Russula :* nombreuses espèces ; aucune n'est vénéneuse, mais les espèces dont le suc est âcre sont immangeables en raison de leur goût amer. Lamelles égales. *Lactarius :* lamelles inégales ; hyphes sécrétrices remplies d'un latex blanc ou coloré.
		AGARICACÉES — Basides courtes. — Chair non grenue (Lactario-Russulacées), sans cellules vésiculeuses. — Une cinquantaine de genres qu'on cherche à réunir en séries phylétiques naturelles (ci-contre : classification Chadefaud).	**1 - Agaricacées à spores sans pore germinatif visible.** Série des Mycènes : spores incolores, chapeau mince ou membraneux, pied grêle. *Mycena ; Omphalia ; Marasmius ; Collybia ; etc.* Série des Lyophylles : spores incolores ; fréquente odeur de *rance*. *Tricholoma Georgii* (Mousseron de printemps) ; *Armillaria ; Collybia : C. rancida ;* quelques *Pleurotus* comme *P. ulmarius* (Pleurote de l'Orme). *Nyctalis* (parasites de Russules et de Lactaires). Série des Cortinaires : spores ocres ; voile. *Hebeloma ; Cortinarius ; Inocybe.* Série des Rhodophylles : lamelles roses ; spores roses polyédriques. *Rhodophyllus* (plusieurs sous-genres). Série des Jugasporées : spores roses, à côtes longitudinales. *Clitopilus ; Octojuga.* Série des Volvaires : spores roses, mais ni polyédriques, ni à côtes. *Pluteus ; Volvaria.* Série des Lépiotes : spores incolores ; voile bien développé ; pied distinct du chapeau. *Lepiota : L. cristata ; L. clypeolaria ; L. acutes - quamosa.* Série des Amanites : spores incolores, voile bien développé, pied distinct du chapeau ; trames des lamelles bilatérales. *Amanita : A. cesarea* (Oronge, comestible) ; *A. muscaria* (Fausse-Oronge, vénéneuse, non mortelle) ; *A. pantherina* (Amanite panthère, vénéneuse, non mortelle) ; *A. phalloïdes* (Oronge - Ciguë, mortelle), etc.
			2 - Agaricacées à spores pourvues d'un pore germinatif visible. Série des Conocybes : spores ocres ou ocracées, chapeau mince, plus ou moins conique, pied grêle et ferme. Conocybe ; *Galera ;* etc. Série des Strophaires : spores ocres ou brunes, lamelles souvent tachetées. *Stropharia ; Deconica ; Nematolema ; Pholiota.* Série des Scotosporés : spores brunes ou noires. *Drosophila ;* quelques *Psilocybe ; Panaeolus.* Série des Coprins : spores noires. *Coprinus* (Coprins vrais) ; Montagnites. Série des Psalliotes : spores brun pourpre ou incolores. *Psalliota* (Agarics au sens strict), dont l'Agaric champêtre ; *P. campestris ; Leucocoprinus ; Hiatula ; etc.*
	BOLETALES — Carpophores d'abord revêtus d'un voile qui se déchire ensuite ; hyménium à développement simultané dont les lamelles se séparent facilement du carpophore.	**BOLETACÉES** — Carpophore charnu, avec pied et chapeau distinct. — Chair contenant du *bolétol.*	*Paxillus :* spores courtes et brunes, sans voile partiel, poussent sur les feuilles ou les Pins. *Gyroporus :* spores blanchâtres, pied caverneux, facile à séparer du chapeau. *Gomphidius :* voile général glutineux ; voile partiel formant une cortine. Vivent sous les Conifères. *Phylloporus :* tous tropicaux sauf *Ph. rhodoxanthus.* *Boletus* (Bolets), démembré en plusieurs autres genres : *Ixocomus* (Pins et Mélèzes), *Xerocomus, Tubyporus, etc.* Espèces non comestibles : *B. felleus, B. satanas, B. piperatus.* Espèces comestibles : *B. edulis* et *B. aerus* (les « Cèpes »).
		GYRODONTACÉES (Faux Bolets).	*Girodon lividus* (Bolets livides) de l'Aulne et du Mélèze.
		STROBILOMYCETACÉES	*Strobilomyces strobilaceus* (Bolet pomme de Pin).

suite à la page suivante

7. Embranchement des Basidiomycètes. *(suite et fin)*

GRANDS GROUPES D'ORDRES	ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
	3° - Homobasidiés gastromycètes		
	PHALLALES — Hyménium enfermé dans une *glèbe fertile*. — Voile primitif qui se déchire ensuite.		Champignons tropicaux représentés sous nos latitudes par 4 espèces seulement : *Phallus impudicus ; Mutinus caninus ; Clathrus cancellatus ; Colus hirudinosus*.
NEOBASIDIÉS (voir p. 57).	***GASTREALES*** — Même glèbe fertile, mais qui n'est jamais mise à nu à maturité.	**SECOTIACÉES**	*Secotium* et genres ressemblants : chapeau et pied encore nets.
		LYCOPERDACÉES	*Lycoperdon* (Vesses de Loup) et ressemblants : suppression de la columelle.
		TULOSTOMACÉES	*Tulostoma*.
		NIDULARIACÉES	*Nidularia* et alliés; *Pisolithus*.
		HYMENOGASTRACÉES	Gastréales à aspect de Truffes : *Hymenogaster, Hysterangium, Rhizopogon, etc.*
		SCLERODERMATACÉES	*Scleroderma ; Astreus*.
		MELANOGASTRACÉES	*Melanogaster*.
		TORRENDIACÉES	*Torrendia pulchella*.
	4° - Levures à basides		
	SPOROBOLOMYCETALES — Appareil végétatif réduit à une colonie de Levures. — Basides aberrantes.		*Sporobolomyces ; Sporidiobolus ; etc.*

8. Embranchement des Zygomycètes.

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
MUCORALES — Voir p. 58.	**ENDOGONACÉES** — Espèces souterraines dont les fruits ont l'aspect de petites Truffes.	Endogone et *Sclerocystis* : fruits pleins. *Glaziella* : fruits creux.
	MUCORACÉES	*Syncephalis, Piptocephalis, Cunninghamella* } Mucoracées archaïques typiques (= Céphalidacées).
		Kickxella, Coemansia, Lindneria } Mucoracées archaïques dont les sporocystes ont été transformés en organes conidiogènes (= Kickxellacées).
		Blakeslea, Choanephora } Mucoracées intermédiaires (= Choanéphoracées).
		Mortierella, Haplosporangium, Dicranophora, Rhizopus, Pilobolus; Phycomyces : *Ph. nitens* (sur les huiles et les suifs); Mucor et ses alliées : *Zygorhynchus, Parasitella, Spinellus, Sporodinia* (dont *Sp. grandis*, premier Champignon dont on ait décrit la reproduction sexuée) } Mucoracées typiques (= Eumucoracées).
ENTOMOPHTORALES — Id. — Parasites d'Insectes.	**BASIDIOBOLACÉES**	*Basidiobolus : B. ranarum* vit en saprophyte dans le tube digestif des Grenouilles et dans leurs excréments.
	ENTOMOPHTORACÉES	*Entomophtora* : parasites d'Insectes (*E. muscae* tue les Mouches domestiques) ; *Massospora*. *Conidiobolus* (parasites d'Insectes et saprophytes). *Completaria* (parasites des prothalles de Fougères) ; Ancylistes.

9. Groupe des Phycomycophytes ou Champignons à Zooïdes (cellules motiles).

— Description générale du groupe :

Embranchement des PHYCOMYCÈTES (non plasmodiaux)	Cellules motiles à 2 fouets.	***LEPTOMITALES*** ***SAPROLEGNIALES*** ***PERONOSPORALES***
	Cellules mobiles à 1 fouet (postérieur) lisse.	***BLASTOCLADIALES*** ***CHYTRIDIALES*** ***MONOBLÉPHARIDALES***
	1 fouet antérieur.	***HYPHOCHYTRIALES***
MYXOMYCÈTES	Non plasmodiaux	***PLASMODIOPHORALES***
	Plasmodiaux	***CERATIOMYXALES*** ***MYXOGASTRALES*** ***ACRASIALES***
TRICHOMYCÈTES	(Thalles filamenteux ; spores et gamètes sans fouets).	***AMOEBIDIALES*** ***ECCRINALES*** ***HARPELLALES***

Les Myxomycètes et les Trichomycètes ne sont pas considérés comme des embranchements Dans le tableau qui suit, on n'a pas distingué les Phycomycètes, les Myxomycètes et les Trichomycètes : les ordres ont été énumérés les uns après les autres.

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
LEPTOMITALES	**LEPTOMITACÉES**	*Leptomitus ; Apodachlyella ; Apodachlya.*
	RHIPIDIACÉES	*Rhipidium ; Araiospora ; Sapromyces.*
SAPROLEGNIALES	**SAPROLEGNIACÉES** — Vivent en eau douce, saprophytes. — Quelques parasites.	*Saprolegnia ; Leptolegnia ; Dictyuchus ; Aplanes ; etc.*
	THRAUSTOCHYTRIACÉES	Espèce unique : *Thraustochytrium proliferum* (saprophyte sur Algues marines).
	ECTROGELLACÉES	*Electrogella ; Aphanomycopsis ; etc.*
PERONOSPORALES	**PYTHIACÉES** — Souvent saprophytes et aquatiques.	*Pythium ; Pythiogeton.*
	LAGENIDIACÉES — Parasites d'Algues ou de petits animaux aquatiques.	*Lagena ; Lagenidum ; Myzocytium.*
	OLPIDIOPSIDACÉES	*Olpidiopsis ; Pythiella ; etc.*
	PERONOSPORACÉES — Champignons des *mildious* et des *rouilles blanches,* parasites des parties aériennes des plantes.	*Phytophtora : P. infectans* (mildiou de la Pomme de terre, des Tomates) ; *P. cambivora* (→ « encre » des Chênes et des Châtaigniers). *Plasmopora : P. viticola* (mildiou de la Vigne). *Basidiospora, etc.* *Albugo.*
BLASTOCLADIALES En général, saprophytes sur débris végétaux dans le sol et les eaux douces.	**Une dizaine de familles, pour 60 genres.**	*Allomycides ; Blastocladia ; Clavochytrium ; Catenaria* (parasites d'animalcules aquatiques) ; *Sphaerocladia.*
CHYTRIDIALES — Aquatiques. — En général, parasites d'Algues, de Champignons, d'animalcules aquatiques.		*Tetrachytrium triceps ; Chytridium ; Nowakowskiella ; Septochytrium ; Polyphagus ; Rhizidium ; Siphonaria ; Urophlyctis ; Olpidium ; Asterocystis ; Achlyogeton ; Synchytrium ; etc.*
MONOBLEPHARIDALES — Saprophytes aquatiques.		*Monoblepharella ; Monoblepharis ; Gonapodya.*
HYPHOCHYTRIALES — Saprophytes (sol) ou parasites (Algues, Champignons, plantes supérieures).		*Rhizidiomyces ; Latrostium ; Hyphotrychium.*

suite à la page suivante

9. Groupe des Phycomycophytes ou Champignons à Zooïdes (cellules motiles). *(suite et fin)*

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
PLASMODIOPHORALES — Parasites intracellulaires de diverses plantes, chez lesquelles ils provoquent des *galles*.		*Plasmodiophora ; P. brassicae* (→ *hernie du Chou*) ; *Spongospora : Sp. subterranea* (→ *gale poudreuse* des Pommes de terre) ; *Tetramyxa ; Sorodiscus ; Ligniera ;* etc.
CERATIOMYXALES — Non parasites, nutrition de type animal.		*Ceratiomyxa.*
MYXOGASTRALES — Non parasites, à nutrition animale. — Plasmodes enveloppés d'un *péridium.* — 60 genres (classés d'après la couleur des spores primaires, des caractères du péridium.		*Badhamia*, *Physarum*, *Diachaea*, *Fuligo : F. septica* = « *Fleur de tan* » } Spores violettes, péridium garni de grains de calcaire. *Didymium* (cristaux calcaires). *Stemonites* (pas de calcaire). A spores jaunes : *Cribaria, Licea, Reticularia, Trichia,* etc.
ACRASIALES — Fimicoles (sur crottin).		*Dictyostelium ; Polysphondylium ; Guttulina ; Copromyxa ; Acrasia ; Sappinia.*
AMOEBIDIALES — Parasites.		*Paramoebidium* (intestin de Larves d'Insectes) ; *Amoebidium* (peau et rectum de petits Crustacés et d'Insectes aquatiques).
ECCRINALES — Parasites d'Invertébrés.		*Eccrina flexilis* (intestin de *Glomeris*) ; *Arundinula oapitata* (tube digestif de Pagures) ; etc.
HARPELLALES — Parasites d'Invertébrés.		*Harpella ; Stachylina ; Opuntiella ; Spartiella ;* etc.

10. Les Lichens (d'après H. des Abbayes).

On rappelle qu'un Lichen est l'union d'une Algue et d'un Champignon, d'où la distinction entre *Ascolichens* (le Champignon présent est un Ascomycète) et *Basidiolichens* (avec un Basidiomycète). (Ch = Champignon.)

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
I. Groupe des Ascolichens.		
1 - Série des Pyrénolichens (avec un Pyrénomycète).		
ARTHOPYRENIALES	**ARTHOPYRENIACÉES** (Ch. : Pléosporacées).	*Arthopyrenia* (écorces, rochers secs ou baignés par la mer) ; 260 *e.*
	OPEGRAPHACÉES (Ch. : Hystériacées).	*Opegrapha ; Arthonia.*
VERRUCARIALES	**VERRUCARIACÉES**	*Verrucaria* (calcaires).
	PYRENULACÉES	*Pyrenula* (écorces).
	DERMATOCARPACÉES	
	LICHINACÉES	*Lichina* (rochers baignés par la mer)
	EPHEBACÉES	*Ephebe.*
TRYPETHELIALES		Espèces tropicales ; sur écorces.
2 - Série des Discolichens (avec un Discomycète).		
CALICIALES	**CALICIACÉES** **SPHAEROPHORACÉES**	*Calicium* } Coniocarpinées.
GRAPHIDALES	**GRAPHIDACÉES** **ROCCELLACÉES**	1 200 espèces (tropicales) } Graphidinées
THELOTREMALES		} Graphidinées

suite à la page suivante

10. Les Lichens (d'après H. des Abbayes). *(suite et fin)*

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES	
CYANOPHILALES	COLLEMACÉES PELTIGERACÉES STICTACÉES	*Collema ; Leptogium.* *Peltigera ; Solorina.* *Lobaria ; Sticta* (forêts humides)	Cyclocarpinées
LECIDEALES	LECIDEACÉES CLADONIACÉES UMBILICARIACÉES	2 500 ; espèces *Lecidea.* *Cladonia ; Sterocaulon.*	
LECANORALES	PERTUSARIACÉES LECANORACÉES PARMELIACÉES USNEACÉES	*Pertusaria :* 600 espèces (écorces, rochers). *Lecanora :* 1 000 espèces (écorces, rochers). *Permelia :* 600 espèces ; *Candelaria.* *Usnea :* 500 espèces.	
CALOPLACALES	CALOPLACACÉES TELOSCHISTACÉES BUELLIACÉES PHYSCIACÉES	*Caloplaca :* 450 espèces. Teloschistes ; *Xanthoria.* *Buellia.* *Physcia ;* Pyxine.	
II. Groupe des Basidiolichens.			
Relativement peu nombreux. Le Champignon est un Polyspore. Exemple : *g Cora* (tropicales).			

11. Embranchement des Bryophytes, classe unique des Muscinées (voir p. 64 les caractéristiques distinctives des ordres).

SOUS-CLASSES	ORDRES	PRINCIPAUX GROUPES OU FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
Mousses	***BRYALES*** — 655 *g,* 13 000 *e.*	**NÉMATODONTES** — Les *dents* sont des paquets de cellules filamenteuses.	*Polytrichum ; Atrichum ; Dawsonia ; Buxbaumia, etc.*
		ARTHRODONTES HAPLOLÉPIDÉES — Un cercle de *dents,* parfois longues et torsadées.	*Fissidens ; Dicranum ; Ceratodon ; Barbula ; Tortula ; Pottia ; Grimmia, etc*
		ARTHRODONTES DIPLOLÉPIDÉES — Deux cercles de *dents ;* parfois ébauche d'un 3ᵉ cercle.	*Orthotrichum ; Bryum ; Mnium ; Funaria : F. hygrometrica* (Funaire hygrométrique) ; *Bartramia ; Philonotis ; Neckera ; Fontinalis ; Leucodon, etc.*
		ARTHRODONTES CLÉISTOCARPES — Types aberrants, surrévolués.	*Phascum ; Nanomitrium ; Archidium.*
	ANDREAEALES		*Andreaea :* genre unique (rochers siliceux, en montagne)
	SPHAGNALES		*Sphagnum* (Sphaignes) : genre unique (marais tourbeux, eaux acides)
Anthocérotes	***ANTHOCÉROTALES*** — 5 *g,* 320 *e.*		*Anthoceros : A. laevis ; A. punctatus.* *Notothylas : N. valvata* (HN). *Dendroceros* (T).
Hépatiques	***METZGERIALES*** — 17 *g* 550 *e.*		*Treubia* (Indonésie) ; *Androcryphia* (Brésil) ; *Fossombria.* *Metzgeria ; Aneura ; Blasia, etc.*
	JUNGERMANNIALES — 125 *g,* 7 ou 8 000 *e.*	On les sépare en 3 groupes : J. à feuilles pennées ; J. à feuilles pliées en V ; J. à feuilles planes, ni pennées, ni pliées en V.	*Lepidozia ; Bazzania ; Jungermannia ; Saccogyna ; Scapania ; etc.* Espèces vivant sur sol humide, de préférence dans les lieux ombragés ; certaines espèces tropicales vivent sur des feuilles *(épiphylles).*
	MARCHANTIALES — 32 *g,* 700 *e.*	**MARCHANTIALES TYPIQUES**	*Riccia* (terrestres ou aquatiques) ; *Corsinia ; Targionia ; Marchantia : M. polymorpha,* terrestre et dioïque.
		PARAMARCHANTIALES	*Sphaerocarpus* (terrestres). *Riella* (aquatiques).

II - LES VÉGÉTAUX VASCULAIRES.

Les tableaux n°s 12 à 34 présentent les grandes divisions du monde des Végétaux vasculaires. La classification adoptée est celle proposée par L. EMBERGER dans le *Traité de Botanique systématique,* tome II, Paris, Masson, 1960. Le lecteur aura intérêt à se reporter aux numéros du texte auquel renvoie le tableau qu'il étudie pour y trouver la signification des termes spécialisés et les principes suivis dans la division d'une unité systématique. Rappelons, à ce sujet, que l'on a, en allant du plus général au moins général, l'embranchement, le sous-embranchement, la classe, l'ordre, la famille, le genre, l'espèce, la sous-espèce ou variété. Dans l'ensemble, nous n'avons pas utilisé les unités intermédiaires (superfamille, sous-ordre, etc.).

Les Phanérogames (plantes à fleurs) ont été présentées par *phylum,* conformément à ce qui a été expliqué p. 90. Pour les Angiospermes, nous n'avons pas conservé les divisions usuelles — encore commodes au stade scolaire élémentaire — en Dicotylédones et Monocotylédones, en Apétales, Dialypétales, Gamopétales, mais nous avons rappelé ces types d'organisation dans le sous-titre des tableaux (voir *Remarques* en tête du tableau n° 16).

Nous avons cité les genres plutôt que les espèces, en ne rappelant, pour celles-ci, que les plus courantes ou celles qui jouent un rôle (économique, scientifique, etc.) particulier. Les noms vulgaires ont été donnés, la plupart du temps, entre parenthèses. Il était utile aussi de préciser les régions du monde où les plantes citées poussent *naturellement* (c'est-à-dire, sans y avoir été nécessairement importées par l'action de l'homme, comme le Caféier au Brésil par exemple). Pour éviter de longues parenthèses, nous avons indiqué en *abrégé* les régions géographiques toutes les fois qu'elles sont *caractéristiques;* la liste des abréviations est donnée ci-après. Lorsqu'il n'y a aucune mention telle que (Am), (V), etc., cela signifie — en général — que l'espèce citée est soit cosmopolite, soit relativement indifférente. Bien entendu, aucune de ces indications n'a de valeur absolue.

Enfin, nous avons fait usage des symboles et abréviations employés dans les *tableaux des familles* du texte, auquel le lecteur est prié de se reporter. Comme dans les tableaux 1 à 11, les noms de genre ne sont mentionnés qu'une fois en entier, puis par leur initiale pour désigner les espèces.

Abréviations

e	espèce (les nombres d'*e* donnés sont approximatifs)
g	genre
Af	Afrique
AfN	Afrique du Nord
AfS	Afrique du Sud
Am	Amérique
AmC	Amérique centrale
AmN	Amérique du Nord
AmS	Amérique du Sud
AmT	Amérique Tropicale
A	Asie
ASE	Asie du Sud-Est
Au	Australie
Eu	Europe
F	France
HN	Hémisphère boréal
HS	Hémisphère austral
IM	Indomalaisie
IT	intertropical (Am I T = Amérique intertropicale)
M	Monde méditerranéen
T	Plante vivant de préférence dans les régions tropicales
T'	Régions tropicales du Vieux Monde
V	Vieux Monde
Id.	Signifie que l'observation de même rang (précédée d'un tiret : « — ») dans la catégorie précédente (typographiquement : « au-dessus ») est valable pour le groupe considéré.

Rappel des grandes divisions du monde végétal

Règne végétal

- Végétaux non vasculaires (Tableaux 1 à 11 ci-dessus).
  - Thallophytes (plantes ayant un thalle) : Protocaryotes, Algues, Champignons, Lichens.
  - Cormophytes inférieures (plantes ayant un *cormus*) : Bryophytes (Mousses, etc.).
- Végétaux vasculaires (possédant des vaisseaux ligneux) ; ce sont tous des Cormophytes, comme les Bryophytes (non vasculaires) (Tableaux 12 à 34 ci-après).
  - Ptéridophytes : plantes ayant feuilles, racines, tiges, mais ni fleurs ni fruits. Exemple : la Fougère. (On les appelait autrefois : « Cryptogames vasculaires »).
  - Spermatophytes, ou plantes à graines, ou Phanérogames.
    - (Gymnospermes (à graines nues). Exemples : Pin, Sapin, Mélèze.
    - Angiospermes (graines enfermées dans un fruit). Exemple : le Blé, l'Orchidée, le Chêne, etc. On divise souvent les Angiospermes en Dicotylédones et Monocotylédones (ce que nous ne ferons pas ici).

12. Embranchement des Ptéridophytes (Cryptogames vasculaires).

CLASSES	ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
Psilo-phytinées — *Voir* p. 68.	***RHYNIALES***	**RHYNIACÉES** **HORNEACÉES**	Fossiles (Dévonien inf. et moyen).
	PSILOPHYTALES	**PSILOPHYTACÉES**	Fossiles (id.).
	ZOSTEROPHYTALES	**ZOSTEROPHYLLACÉES, SCIADOPHYTONACÉES**	Fossiles (Silurien sup. - Dév. moyen)
	ASTEROXYLALES	**ASTEROXYLACÉES**	Fossiles (Dév. inf. et moyen).
	PSEUDO-SPOROCHNALES	**PSEUDOSPOROCHNACÉES**	Fossiles (Dév. moyen).
	PSILOTALES	**PSILOTACÉES** — 2 *g*, 6 *e*.	*Psilotum* (T) ; *Tmesipteris* (Au).
Lycopo-dinées — *Voir* p. 68.	***ARCHAEOLEPIDO-PHYTALES***	**DREPANOPHYCACÉES**	Fossiles (Dév. inf. et moyen).
	LYCOPODIALES	**LYCOPODIACÉES** — 2 genres vivants, 201 *e*.	*Lycopodium* (200 *e*, dont 6 en F). *Phylloglossum drummondii* (Au).
	PROTOLEPIDO-PHYTALES	**ELEUTHEROPHYLLACÉES, PROTOLEPIDODENDRACÉES, ARCHAEOSIGILLARIACÉES.**	Fossiles (Dév., Carbonifère).
	LEPIDOPHYTALES	6 familles **LEPIDODENDRACÉES, SIGILLARIACÉES, BOTHRODENDRACÉES, SUBLEPIDODENDRACÉES, LEPTOPHLOEACÉES, LEPIDOSIGILLARIACÉES.**	fossiles : Plantes arborescentes (Carbonifère, Dévonien).
	PLEUROMEIALES	**PLEUROMEIACÉES**	Fossiles (Trias).
	LEPIDOSPERMALES	**LEPIDOCARPACÉES** **MIADESMIACÉES** **SELAGINELLACÉES** — 1 *g*, 800 *e*.	Fossiles (Carbonifère). Fossiles (Carbonifère supérieur). *Selaginella :* plantes herbacées, parfois lianes.
	ISOETALES	**ISOETACÉES** 2 *g*, 61 *e*.	*Isoetes :* 60 *e ;* terrestres ou plus ou moins aquatiques. *Stylites* (Pérou) : 1 *e*.
Articulées — *Voir* p. 68.	***PROTOARTICULATALES***	**CALAMOPHYTACÉES** **HYENIACÉES**	Fossiles (Dév.).
	PSEUDOBORNIALES	**PSEUDOBORNIACÉES**	Fossiles (Dév. sup.).
	SPHENOPHYLLALES	**SPHENOPHYLLACÉES**	Fossiles (Dév. sup. - Trias inf.).
	CHEIROSTROBALES	**CHEIROSTROBACÉES**	Fossiles (Carbonifère inf.).
	TRISTACHYALES	**TRISTACHYACÉES**	Fossiles (Carbonifère).
	CALAMITALES	**ASTEROCALAMITACÉES** **CALAMITACÉES**	Fossiles (Dév. moyen - Carbonifère). Fossiles (Carb. inf. - Permien inf.).
	EQUISETALES	**EQUISETACÉES** 1 *g*, 30 *e*.	*Equisetum :* plantes à rhizomes ; feuilles réduites.

suite à la page suivante

12. Embranchement des Ptéridophytes (Cryptogames vasculaires). *(suite et fin)*

CLASSES	ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
Filicinées — *Voir* p. 68.	***IRIDOPTERIDALES***		Fossiles (Dév. moyen et sup.).
	STAUROPTERIDALES	**STAUROPTERIDACÉES**	Fossiles (Carbonifère).
	CLADOXYLALES	**CLADOXYLACÉES**	Fossiles (Dév. moyen - Carb. sup.).
	ZYGOPTERIDALES	**ETAPTERIDACÉES**	Fossiles (Carb. inf. - Permien sup.).
		CLEPSYDRACÉES	Fossiles (Carb moyen - Permien sup)
	INVERSICATÉNALES	**BOTRYOPTÉRIDACÉES**	Fossiles (Carb. inf. - Permien inf.).
		ANACHOROPTERIDACÉES	Fossiles (id.).
		TUBICAULIDACÉES	Fossiles (Carb. moyen - Permien inf.).
	OSMUNDALES	**OSMUNDACÉES** — 3 *g* vivants.	*Osmunda* : en F : *O. regalis*; *Todea* (Au). *Leptopteris* (Nouvelle-Zélande).
	MARATTIALES	**MARATTIACÉES** — 7 *g*, 100 *e*.	*Archangiopteris* (ASE) ; *Angiopteris* (Madagascar, Polynésie) ; *Macroglossum* (Bornéo) ; *Marattia* (IT) ; *Danaea* (AmS) ; *Christensenia* (Malaisie).
	OPHIOGLOSSALES	**OPHIOGLOSSACÉES** — 3 genres.	*Ophioglossum* (50 *e* dont 3 en F) ; *Botrychium* (40 *e* dont 5 en F) ; *Helminthostachys* (1 *e* IM).
	FILICALES	**SCHIZAEACÉES** — 4 *g*	*Schizaea* (IT) ; *Lygodium* (IT) ; *Anemia* (AmS) ; *Mohria* (Af) ;
		GLEICHENIACÉES — 3 *g*.	*Gleichenia* (IT) ; *Platyzoma* (Au) ; *Stromatopteris* (Nouvelle-Calédonie) ; Fougères à rhizomes grimpants.
		HYMENOPHYLLACÉES	Fougères terrestres ou épiphytes : *Trichomanes*; *Cardiomanes*; *Hymenophyllum*; *Serpyllopsis* (AmS).
		HYMENOPHYLLOPSIDACÉES	*Hymenophyllopsis* (Guyane-Venezuela).
		NEGRIPTERIDACÉES	*Negripteris* (Af).
		LOXSOMACÉES	*Loxsoma* (Nouvelle-Zélande) ; *Loxsomopsis* (Andes).
		DICKSONIACÉES	*Dicksonia* (IT) ; *Chotium* (IT) ; *Culcita* (îles Atlantiques).
		PLAGIOGYRIACÉES	*Plagiogyria* (A, Am).
		CYATHEACÉES	*Lophosoria* (AmT) ; *Metaxya* (AmS) ; *Alsophila*, *Hemitelia*, *Cyathea* (IT).
		DIPTERIDACÉES	*Dipteris* (Malaisie, Polynésie).
		MATONIACÉES	*Matonia* (îles de la Sonde) ; *Phanerosorus* (Bornéo).
		THYRSOPTERIDACÉES	*Thyrsopteris elegans* (Juan Fernandez).
		DENNSTAEDTIACÉES — 8 *g*.	
		PTERIDACÉES — 63 *g*, 600 *e*.	Fougères terrestres ou épiphytes, à rhizome rampant. *Lindsaya* (IT) ; *Pteridium* : *Pt. aquilinum* (Fougère aigle) ; *Pteris* (250 *e*) ; *Adiantum*, etc.
		PARKERIACÉES	*Ceratopteris* : genre unique.
		DAVALLIACÉES	*Humata* (Madagascar-Polynésie) ; *Davallia*, etc.
		ASPIDIACÉES — 66 *g*, 3 000 *e*.	Fougères terrestres, parfois lianes. *Woodsia* (surtout arctiques) ; *Polystichum*; *Aspidium* (surtout IT), etc.
		BLECHNACÉES	*Lomaria*; *Blechnum*, etc.
		ASPLENIACÉES	*Asplenium*; *Phyllitis* (Scolopendre).
		POLYPODIACÉES	*Polypodium* (Polypodes ; 200 *e*) ; *Pyrrosia* (V), etc.
		VITTARIACÉES — 9 *g*, 140 *e*.	*Vittaria*.
	SALVINIALES (aquatiques)	**SALVINIACÉES**	*Salvinia* : genre unique.
		AZOLLACÉES	*Azolla* : genre unique (IT).
	MARSILEALES (aquatiques)	**MARSILEACÉES** — 3 *g*, 75 *e*.	*Pilularia*, *Marsilea*, *Regnellidium* (Brésil).

13. Les Préphanérogames (Préspermatophytes).

Nous avons suivi, dans cette *Annexe,* la classification d'EMBERGER (voir p. 71) et non pas la systématique traditionnelle comme nous l'avons fait dans le texte (voir p. 72).
Le lecteur rétablira aisément les correspondances entre les deux classifications.

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
PTERIDOSPERMALES — Voir p. 72.	LYGINOPTERIDACÉES MEDULLOSACÉES	Fossiles, du Dévonien moyen au Crétacé.
CAYTONIALES	CAYTONIACÉES CORYSTOSPERMACÉES PELTASPERMACÉES	On a cru y trouver les Angiospermes les plus anciennes. Toutes fossiles. (du Rhétien au Crétacé et au Trias).
CYCADALES — Voir p. 72.	CYCADACÉES — 9 *g,* 85 *e.*	**5 sous-familles :** **Cycadoïdées :** Cycas (V), 10-15 *e.* *C. revoluta* (ornementale) ; *C. circinalis* (IM), à ovules toxiques ; *C. rumphii* (sagou). **Stangerioïdées :** *Stangeria* (1 *e,* AfS). **Bowenioïdées :** *Bowenia* (2 *e,* Au). **Dioonoïdées :** *Dioon* (3-4 *e,* Mexique). **Zamioïdées :** *Ceratozamia* (Mexique) ; *Zamia* (30 *e,* AmT et IT) ; *Encephalartos* (15 *e,* Af) ; *Macrozamia* (12-15 *e,* Au) ; *Microcycas* (1 *e,* Cuba).
CORDAITALES — Voir p. 73.	POROXYLACÉES MESOXYLACÉES CORDAITACÉES PITYACÉES	Toutes fossiles, du Dévonien moyen au Permien supérieur.
GINKYOALES — Voir p. 73.	GINKYOACÉES	*Ginkyo biloba :* espèce unique vivante (Chine méridionale).

14. Les Phanérogames Gymnospermes.

Considérées comme un sous-embranchement ou comme un embranchement divisé en Bennettitinées (Bennettitinales, Wielandiellales, Pentoxylales, toutes fossiles) et Conifères (6 ordres, dont un fossile). Seuls les Conifères sont présentés ici.

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
LEBACHIALES	LEBACHIACÉES	Fossiles (Permien inférieur).
PINALES	PINACÉES (= ABIETACÉES) — Voir tableau p. 76. — Plantes monosexuées, monoïques. — Arbres en général grands ; rarement arbustes. — Famille nordique. — 9 *g,* 300 *e.*	*Pinus* (Pin) : 150 *e* (HN) dont 7-10 en F ; 1 *e* en HS *(P. insularis).* *P. cembra* (haute montagne) ; *P. montana* (Pin à Crochets) ; *P. halepensis* (Pin d'Alep, M) ; *P. nigra* (Pin noir) ; *P. lacio* (Corse) ; *P. mauretanica* (AfN) ; *P. pinaster* (Pin maritime) ; *P. strobus* (Pin Weymouth). *Cedrus* (Cèdre) : 4 *e* (AfN, Proche-Orient, Himalaya). *Larix* (Mélèze) : 10 *e* (HN). *L. decidua* (Eu). *Abies* (Sapin) : 60 *e. A. alba* (Sapin commun). *Picea* (Epicéa) : 50 *e* (HN). *P. excelsa.* *Pseudotsuga :* 10 *e* (Am, Chine) ; *Tsuga ; Keteleria ; Pseudolarix.*
ARAUCARIALES	ARAUCARIACÉES — Voir tableau p. 76. — 2 *g.*	*Araucaria :* arbre d'Am, du Pacifique, d'Au. Monoïque. 16 *e. A. araucana ; A. bidwelii,* etc. *Agathis :* 20 *e* (ASE) ; arbre dioïque. Fournit une résine utilisée dans la fabrication des vernis et des laques (le *copal).*
PODOCARPALES	PODOCARPACÉES — Arbres de HS. — 8-9 *g* - 130 *e.* — Généralement dioïques. — Voir tableau p. 76.	*Podocarpus :* 100 *e.* *Dacrydium* (20 *e*). *Phyllocladus* 6 *e.*
CUPRESSALES	TAXODIACÉES — Voir tableau p. 76. — Arbres parfois très hauts ; monoïques. — 10 *g,* 20-30 *e.* (HN sauf *Athrotaxis*).	*Taxodium :* 14 *e* (Etats-Unis) ; *T. distichum* (Cyprès chauve). *Sequoia :* 1 *e, S. sempervirens* (Californie), dépasse 100 m. *Sequoiadendron :* 1 *e S. giganteum* (Californie) ; (plus de 100 m, 2 000 ans d'âge). *Athrotaxis* (Tasmanie) : 3 *e.*
	CUPRESSACÉES — Voir tableau p. 76. — Arbres ou arbustes ; monoïques ou dioïques. — 18 *g,* 130 *e* (5 *e* en F, du genre *Juniperus*).	*Thuya* (Am, A) : 6 *e* (contient un glucoside et une essence). *Libocedrus* (*g* disjoint) : 12 *e.* *Cupressus* (disjoint) : 13 *e. C. sempervirens* (Cyprès toujours vert) est spontané en Tunisie, Crète, Proche-Orient ; *C. dupreziana* (*e* en extinction, au Sahara). *Juniperus* (Genévrier) : 60 *e* (HN). *J. communis* (Genévrier commun, F) dont les fruits servent à préparer le *gin ; J. oxycedrus* (Oxycèdre) donne l'*huile de Cade vraie ; J. sabina* (Sabine) est abortive.

suite à la page suivante

14. Les Phanérogames Gymnospermes. *(suite et fin)*

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
TAXALES	**CEPHALOTAXACÉES** — Voir tableau p. 76. — 1 *g*, 5 *e*.	*Cephalotaxus* (A).
	TAXACÉES — Id. — 5 *g* vivants. — Arbres ou arbustes unisexués, dioïques	*Taxus* (If) : 1 *e*, *T. baccata* (Eu), avec 9 sous-espèces géographiques. L'If renferme un alcaloïde narcotique, la *taxine*.

15. Les Chlamydospermes.

Groupe intermédiaire entre les Gymnospermes et les Angiospermes. Voir description p. 76.

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
EPHEDRALES	**EPHEDRACÉES** — 1 *g*, 35 *e*.	*Ephedra*. *E. campylopoda* est hermaphrodite.
WELWITSCHIALES	**WELWITSCHIACÉES** — 1 *g*, 1*e*.	*Welwitschia mirabilis* (Afr. du Sud) ; dioïque.
GNETALES	**GNETACÉES** — 1 *g*, 30 *e* (T).	*Gnetum* (en général : des lianes) ; dioïques.

Les Phanérogames Angiospermes

Ces Végétaux sont répartis en cinq *lignées*, numérotées de I à V, et en 18 *phylums*, numérotés de 1 à 18 (voir pp. 90-91). Les cinq lignées sont : I - Casuarinales (phylum n° 1) ; II - Protéales, Santalales, Olacales (phylums n° 2) ; III - Urticales, Primulales, Amentiflores, Centro- spermales, Plumbaginales, Polygonales (phylum n° 3) ; IV - phylums n°s 4 à 11 ; V - Hélobiées, Spadiciflores, Liliiflores (phylums n°s 13, 14, 15) : Monocotylédones et les phylums 12, 16, 17, 18 (Polycarpiques, Rosales, etc.).

16. Lignée I - Phylum n° 1 (phylum unique ne comprenant qu'un seul ordre) : les Casuarinales.

CASUARINALES	**CASUARINACÉES** (famille unique)	un seul genre, *Casuarina*, et 50 espèces environ, presque toutes australiennes. Voir p. 92.

17. Lignée II - Phylum n° 2 (phylum unique). (Toutes les plantes de ce phylum sont des Dicotylédones apétales.)

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
OLACALES — Ligneuses. — Feuilles simples, entières, sans stipules. — Ovaire supère ou semi-infère ; 1-3 loc. — 1-5 ovules. — Fruits : drupes à 1 seule graine.	**OLACÉES** — 25 *g*, 200 *e*. — Arbres, arbustes ou lianes des régions chaudes ; parfois hémiparasites.	*Coula edulis* (Af) : glandes à résine ; graines riches en huiles. *Ximenia* (10 *e*) : bois, huiles végétales, fruits comestibles. *Scorodocarpus* (Malaisie) : bois. *Heisteria* (AmS), *Olax* (T), *Schoepfia* (T).
	OPILIACÉES — 8 *g*, 60 *e*. — Id.	*Agonandra*.
SANTALALES — Ligneuses. — Voir p. 92.	**SANTALACÉES** — 29 *g*, 400 *e*. — Voir p. 92.	*Thesium* (M, Af) : 250 *e*. *Santalum* (Santal, IM, Au) : 20 *e*. *Osyris* : 6 *e*. En France : *O. alba*.
	LORANTHACÉES — 30-40 *g*, 1 500 *e*. — Id.	**Sous-famille des Loranthoidées** (1 calicule). *Loranthus* (T') : 500 *e*. En Europe : *L. europaeus*, parasite des Fagacées. *Sruthanthus* (AmC) : 50 *e* (lianes nombreuses). *Phrygilanthus* (AmS, Au), *Oryctanthus* (Am). *Nuytsia* (Au : *N. floribunda* est le *Christmas tree* des Australiens).
		Sous-famille des Viscoidées (sans calicule). *Viscum* (V) : 70 *e*. *V. album* est le Gui blanc (F) ; *V. japonicum* : fruits explosifs. *Phoradendron* (Am) : plusieurs centaines d'*e*. *Arceuthobium* (HN) : 15 *e*. *A. Oxycedri* (F) sur les Genévriers ; *A. minutissimum* (Himalaya) est la plus petite Dicotylédone connue.

suite à la page suivante

17. Lignée II - Phylum n° 2 (phylum unique). *(suite et fin)*

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
SANTALALES (suite)	**BALANOPHORACÉES** — 17 *g*, 107 *e*. — Dans les forêts des zones chaudes du globe. Parasites de Dicotylédones, évoquant des Champignons. — Voir p. 92.	Six sous-familles distinctes, assez bien localisées géographiquement. Exemples : *Balanophora* (Au, IM), 80 *e*; *Rhopalocnemis* (IM, Madagascar); *Thonningia* (Af tropicale, Madagascar); *Scybalium* (Am tropicale), *Ditepalanthus* (Madagascar); etc.
	GRUBBIACÉES — Fleurs très petites; drupes.	*Grubbia*, genre unique avec 4 espèces au Cap : arbustes à feuilles opposées, sans stipules; position systématique discutée.
	OCTOKNEMATACÉES — 2 *g*, 8 *e* (Afl. tropicale). — Arbres ou arbustes; petites Fl. de type 5; drupes	*Octoknema gabonensis*.
	MYZODENDRACÉES — 1 *g*, 11 *e* (Chili méridional). — Arbustes verts, parasites de *Nothofagus* (Hêtre arctique).	
	CYNOMORIACÉES (position discutée).	*Cynomorium coccineum* : espèce unique des régions chaudes.
PROTÉALES — Arbustes ou arbres (Ligneuses) rarement herbacées. — Feuilles alternes, de formes diverses, sans stipules. — Fleurs de couleurs vives, de type 4. Ovaire supère, 1-loc. — 1-*n* ovules ortho. ou ana. en général. — Fruits : drupes ou akènes; graine ailée.	**PROTÉACÉES** — 55 *g*, 1 200 *e* (HS; 700 *e* en Au). — Famille unique, divisée en 2 sous-familles.	**Sous-famille des Persoonoïdées** : Fl. solitaires; 1 ovule, 1 graine. *Bellendena* (Tasmanie) : arbuste. *Persoonia* (Au) : plus de 60 *e*. *Protea* (Af) : 80 *e*; bois d'œuvre. *Leucadendron* (Af) : 80 *e*; plante ornementale; écorce tannante. *Leucospermum* (Af) : bois, tannin.
		Sous-famille des Gravilleoïdées : Fl. par paires; plusieurs ovules, plusieurs graines. *Grevillea* (Au) : 180 *e*. Bois d'œuvre; plante ornementale. *Hakea* (Au) : 100 *e*. *Banksia* (Au), 50 *e*; *Macadamia* (Au), 5 *e* : sa graine est comestible (Noisette du Queensland); *Dryandra* (Au) : 50-60 espèces.

18. Lignée III - Phylum n° 3 (Toutes les plantes de ce phylum sont des Dicotylédones apétales, sauf les ordres des Plumbaginales et des Primulales qui sont des Gamopétales.)

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
FAGALES — Ligneuses. — Amentiflores (Fl. à chatons). — Voir p. 93.	**BETULACÉES** — 6 *g*, 100 *e*. — Voir p. 93.	**Sous-famille des Betuloïdées** : Fl. ♂ en cymules devant les bractées. - Fruit à petite cupule. *Betula* (Bouleau; HN) : 40 *e*. *B. pubescens*. *B. nana*, *B. verrucosa* se rencontrent dans nos régions. *B. lenta* et *B. papyracea* sont en AmN. *Alnus* (Aulne, HN et Andes) : 30 *e*, dont, dans nos régions : *A. glutinosa*, *A. viridis*, *A. incana* et *A. cordata*.
		Sous-famille des Coryloïdées : Fl ♂ nues, très réduites. - Grande cupule, herbacée. *Corylus* (Noisetier; HN) : 15 *e*, dont le Noisetier commun *C. avellana*. *Carpinus* (Charme; HN) : 26 *e* dont *C. betulus* (Charme commun). *Ostrya* (Charme-Houblon; HN) : 7 *e* dont *O. carpinifolia* (de la Méditerranée à l'Asie occidentale) et *O. virginica* (AmN, Japon).
	FAGACÉES — 6 *g*, 600 *e*. — Voir p. 93.	*Castanea* (Châtaignier) : 50 *e* dont *C. sativa* (F, M). *Pasania* (As) : 100 *e*, surtout en Malaisie. *Lithocarpus* (As SE) : 100 *e*. *Quercus* (Chêne; HN) : plus de 200 *e* (voir p. 93). *Fagus* (Hêtre, HN) : 10 *e*. *F. sylvatica* est le Hêtre de nos régions (pas en M, mais jusqu'en Pologne). *Nothofagus* (AmS, Au du SE, Nouvelle-Zélande) : Hêtre antarctique, 14 *e*.
SALICALES — Ligneuses; amentiflores. — Voir p. 94.	**SALICACÉES** — 3-4 *g*, 300 *e*. — HN tempéré. — Voir p. 94.	*Populus* (Peuplier; HN tempéré) : 40-50 *e*. *P. alba* (Peuplier blanc, Eurasie); *P. nigra* (P. noir, Eurasie); *P. tremula* (Tremble). Ces trois espèces se rencontrent en France. *P. deltoïdes* (AmN). *Salix* (Saule, HN) : 250 *e* (dont de nombreuses espèces montagneuses et arctiques). *S. Capraea* (Saule Marsau); *S. viminalis* (Osier blanc); *S. alba* (Saule blanc), dont la variété *vitellina* est l'Osier jaune; *S. babylonica* : Saule pleureur. *Chosenia* : 1 espèce extrême-orientale, intermédiaire entre les deux genres précédents.
MYRICALES — Ligneuses; amentiflores. — Voir p. 95.	**MYRICACÉES** — 4 *g*, 50-60 *e*. — HN tempéré et montagnes des régions chaudes.	*Myrica* : 50 *e*. Le fruit de *M. sapida* (Insulinde) est comestible; celui de *M. cerifera* (AmN) donne une cire. *Gale* : 4 *e* dont *G. palustris* (F). *Comptonia* (AmN). *Canacomyrica* (Nouvelle-Calédonie).

suite à la page suivante

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
BALANOPSIDALES — Ligneuses ; amentiflores. — Voir p. 93.	**BALANOPSIDACÉES** — 2 *g*, 10 *e*. — Arbres ou arbustes.	*Balanops* et *Trilocularia,* tous deux néo-calédoniens.
LEITNERIALES — Ligneuses ; amentiflores. — Id.	**LEITNERACÉES** — 1 *g*, 2 *e*. — AmN.	*Leitneria. L. floridana* donne un bois de très faible densité (d = 0,2 par rapport à l'eau).
	DIDYMELACÉES — *g* unique, apparenté aux Leineracées.	*Didymeles :* 2 *e* endémiques à Madagascar.
BATIDALES — Ligneuses ; amentiflores. — Voir p. 93.	**BATIDACÉES** — Famille à une espèce.	*Batis maritima* (Am ; littoral des régions chaudes. Arbuste à petites feuilles opposées).
URTICALES — Ligneuses ou herbacées. — Voir p. 95.	**ULMACÉES** — 14 *g*, 120 *e*. — Voir p. 95.	**Sous-famille des Ulmoïdées :** Fl. à l'aisselle des bractées de l'année précédente ; fruit sec. *Ulmus* (Orme ; HN) : 30 *e*. *U. campestris* (Orme champêtre) ; *U. montana ; U. pedunculata* (ces 3 espèces existent en France). *U. parvifolia* (As orientale). *Planera* (AmN) : 1 *e*.
		Sous-famille des Celtoïdées : Fl. à l'aisselle des bractées de l'année ; fruit charnu. *Celtis* (Micocoulier) : 60 *e*. *C. australis* (F) ; *C. eocenica*. *Pteroceltis* (Chine) : 1 *e*. *Zelkova* (Caucase, As) : 4 *e ;* position incertaine.
		Sous-famille des Barbeyoïdées : Feuilles opposées ; akène. *Barbeya* (Arabie, Abyssinie). Une espèce considérée parfois comme une famille autonome.
	URTICACÉES — 50 *g*, 700-800 *e*. — Voir p. 95.	*Urtica* (Ortie) : 30 *e* (régions tempérées), dont 5 en France ; urticantes. *Laportea* (surtout Océanie intertropicale) : 30 *e :* arbres, arbustes ou herbacées ; urticants. *Girardinia* (Af-As, T), herbacées, urticantes. *Pellionia* (20 *e*, As), *Boehmeria* (Ramie, 50 *e*), *Parietaria*, *Forskohlea* (M) ne sont pas urticants.
	MORACÉES — 73 *g*, 1 000 *e*. — Voir p. 95.	**Sous-famille des Moroïdées :** *Morus* (Mûrier ; HN tempéré) : 10 *e*. *M. alba* (Mûrier blanc, Chine) ; *M. nigra* (Mûrier noir d'As du S O) ; *M. rubra* (Mûrier rouge, AmN). le Ver à soie s'élève sur le Mûrier blanc. *Chlorophora :* 2 *e* dont *Chl. excelsa* (*Iroko*, Côte-d'Ivoire). *Broussonetia* (As orientale) ; *Dorstenia* (T ; 70 *e*) ; *Chevalierodendron* (1 *e* aux Philippines).
		Sous-famille des Artocarpoïdées : *Ficus* (Figuier ; régions chaudes du globe) : 800 *e*. *F. carica* (Eu) ; *F. bengalensis* (Inde) ; *F. vrieseana* (Java) ; *F. hirta* (Java) ; *F. elastica* (ornemental) ; *F. macrophylla* (ornemental) ; etc. *Artocarpus* (IM) : 50 *e*. *A. incisa* (arbre à pain) et *A. integrifolia* (Jaquier). *Antiaris* (IM) : 10-20 *e ;* fournit un poison (agissant sur le cœur) ; *Brosimum* (AmT), 12 *e*, avec *B. galactodendron* (arbre à lait) ; *Bosqueia* (Madagascar).
		Sous-famille des Conocephaloïdées : *Cecropia* (AmT) : 50 *e*, arbres.
		Sous-famille des Cannaboïdées : *Humulus* (Houblon, HN) : 2 *e ; H. lupulus* (Houblon des brasseurs). *Cannabis* (Chanvre) : *Cannabis sativa* de l'Asie centrale ; cultivé aussi dans nos régions.
	EUCOMMIACÉES — 1 *g*, 1 *e*. — 2 C, ovaire 1-loc., 2 ovules dont 1 seul se développe. — Akène ailé.	*Eucommia* (Chine), genre unique avec une espèce : *E. ulmoides,* arbre à feuilles alternes, sans stipules ; Fl. dioïques.
	RHOIPTELEACÉES — 1 *g*, 1 *e*. — Fl de type 4 ; 6 E ; 2C. — 1 ovule semi-anatrope ; akène ailé.	*Rhoiptolea chiliantha :* Chine du S et Tonkin ; arbre à feuilles pennées ; inflorescences en épis.
	SCYPHOSTEGIACÉES — 1 *g*, 1 *e*. — Plante intéressante par ses inflorescences : Fl. à l'état de carpelles nus.	*Scyphostegia borneensis* (Bornéo).

suite à la page suivante

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
POLYGONALES — Herbacées ou lianes; rarement arbres. — Voir p. 96.	**POLYGONACÉES** — 30-40 *g*, 1000 *e*. — Les sous-familles se distinguent par la présence ou l'absence d'un *ochréa* et par la nature ruminée ou non de l'albumen.	**Sous-famille des Eriogonoidées :** Pas d'ochréa; albumen non ruminé. *Eriogonum* (AmN) : 150 *e*.
		Sous-famille des Polygonoidées : Un ochréa; albumen non ruminé. *Polygonum* (Renouée) : 200 *e*. *P. bistorta* (Bistorte) a des propriétés astringentes; *P. tinctorium* fournit un indigo. *Rumex* (Oseille, HN) : 100 *e*, dont 41 en France. *R. patientia* (Patience; EuAs) : racine astringente; *R. acetosa :* souche de l'Oseille cultivée. *Rheum* (Rhubarbe) : 20-30 *e*. Les Rhubarbes sont toniques, laxatives et utilisées en pharmacie. La Rhubarbe de Chine est fournie par les rhizomes de *Rh. officinale* et de *Rh. palmatum ;* la Rhubarbe anglaise vient de *Rh. Rhaponticum* et de *Rh. officinale ;* Rhubarbes françaises et d'Autriche : *Rh. undulatum, Rh. compactum, Rh. Rhaponticum*. *Fagopyrum* (Sarrasin) est cultivé pour ses graines alimentaires : *F. esculentum* et *F. tataricum*.
		Sous-famille des Coccoloboidées : Un ochréa; albumen ruminé. *Coccoloba* (Am) : 150 *e*. *Antigonon* (Am centrale).
CENTROSPERMALES — Plantes herbacées, rarement ligneuses. — Voir p. 96.	**CHENOPODIACÉES** — 103 *g*, 1 400 *e*. — Voir p. 96.	1° Cyclolobées (embryon en anneau). *Beta* (Betterave) : 12 *e*. *B. maritima* (M), souche des Betteraves cultivées comme plantes fourragères ou sucrières sous le nom *B. vulgaris*, avec les sous-espèces : Betterave sucrière, Betterave rouge et les Côtes de Bettes. *Spinacia* (Épinard) : 4 *e*. *Chenopodium :* 100 *e*. *Ch. anthelminticum* et *Ch. ambrosioides* sont vermifuges contre les Vers ronds (Ascarides); *Ch. bonus henricus* est un Épinard sauvage; *Ch. foliosum :* Épinard-fraise (Orient); *Ch. quinoa* (AmS) : graines riches en amidon. *Atriplex :* 150 *e*. *A. portulacoides :* arbuste (M); *A. hortensis* (Bonne-Dame; As) : laxatif. *Polycnemum* (M; 8 *e*); *Obione portulacoides*. *Salicornia* (50 *e*), comestible; *Kochia :* 30-40 *e* dans le Vieux Monde, dont *K. scoparta* (M) a des ovules transparents permettant de suivre le développement de l'embryon. 2° Spirolobées (embryon en spirale). *Salsola* (surtout HN) : 100 *e*; *S. kali* et *S. soda* riches en sels alcalins. *Suaeda :* 100 *e*. *Anabasis* (M) : 15 *e*. *A. aphylla* contient des alcaloïdes.
	AMARANTHACÉES — 64 *g*, 850 *e*. — Id.	*Amaranthus :* 50 *e*, régions chaudes. *A. blitum* est un légume semblable à l'Épinard. *Celosia :* 50 *e*, régions chaudes. *C. cristata* (Crête-de-Coq) : plante ornementale.
	PHYTOLACCACÉES — 17 *g*, 150 *e*. — Id.	*Phytolacca* (sauf Au) : 40 *e*. Plantes ornementales : *Ph. decandra* (baies rouges); *Ph. volubilis; Ph. dioica*. *Gallesia* (AmS); *Limeum* (Af, Inde); *Agdestis* (AmC) : liane; *Stegnosperma*.
	SPHENOCLÉACÉES — 1 *g*, 2 *e* — Ovaire semi-infère, corolle gamopétale, embryon droit; 2-loc.	Genre intertropical, autrefois rangé parmi les Campanulacées.
	GYROSTEMONACÉES — 5 *g*, 16 *e*; Australie. — Arbustes ou arbres; diffèrent des Phytolaccacées par leurs feuilles charnues.	*Gyrostemon; Codonocarpus*.
	ACHATOCARPACÉES — 2 *g*, 8 *e*; AmT. — Famille voisine des Phytolaccacées, mais fleurs 1-sexuées, ovaire 1-loc., avec un seul ovule; 2C.	
	NYCTAGINACÉES — 30 *g*, 300 *e*; surtout Am. — Voir p. 96.	*Bougainvillea* (AmS) : 10 *e*; arbustes épineux, ornementaux. *Abronia* (AmN) : 20 *e* (ornementales). *Mirabilis* (Belle-de-Nuit; Am, Himalaya) : 60 *e*; *M. jalapa :* racines vomitives et purgatives; utilisée par les biologistes pour leurs travaux de génétique. Pisonia; Okenia.
	PORTULACACÉES — 19 *g*, 500 *e*. — Herbacées; — Voir p. 96.	*Portulaca* (Pourpier; régions chaudes : 100 *e*). *P. oleracea* (F) est cultivé (légume); *P. grandiflora:* ornementale. *Calandrinia* (100 *e*), ornementale ; *Talinum* (20-30 *e*); *Claytonia* (20-30 *e*); *Montia* (50 *e*).

suite à la page suivante

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
CENTROSPERMALES (suite)	**BASELLACÉES** — 5 *g*, 20 *e*. — Voir p. 96.	*Basella* (AT) : 1 *e*. *B. alba* (légume). *Boussingaultia* (AmT) : 14 *e*.
	DYSPHANIACÉES — 1 *g*, 5-6 *e*; australiennes. — Petites plantes herbacées à feuilles alternes, sans stipules; petites fleurs. — 3-1 E; ovaire 1-loc.; 1 ovule. Akène; embryon à peine courbe.	*Dysphania*.
	CARYOPHYLLACÉES — 80 *g*, 2000 *e*. — Herbacées; cosmopolites. — Voir p. 96.	**Sous-famille des Paronychioidées :** Feuilles stipulées; sépales libres. *Paronychia* : 50 *e*; régions tempérées. *Spergula* (40 *e*) ; *Corrigiola* (10 *e*) ; *Gymnocarpon* (1 *e*).
		Sous-famille des Alsinoidées : Feuilles sans stipules; sépales libres; corolle. *Stellaria* (100 *e*) ; *St. media* (F Mouron des Oiseaux). *Cerastium* (Céraste) : 100 *e*. *Sagina* (20 *e*, HN) ; *Buffonia* (20-25 *e*) ; *Arenaria* (Sabline) : 200 *e*; *Scleranthus* (10 *e*).
		Sous-famille des Silenoidées : Feuilles sans stipules; sépales soudés. *Silene* (Silène) : 400-500 *e* (HN, surtout M) ; en France : 37 espèces. *Agrostemma* (Nielle) : 2 *e* (M) ; *A. githago* : Nielle des Blés (mauvaise herbe). *Lychnis* (10 *e*, Eu-Sibérie) ; en France 6 *e*. *Melandryum* : 100 *e* (3 en France). *Cucubalus* (Coulichon) : 1 *e* (Eurasie), à baies. Peut-être la souche de la sous-famille. *Gypsophyla* (Gypsophyle, Eurasie) : 100 *e* (en France : 2 *e*). *G. struthium* et *G. paniculata* renferment des saponines toxiques; *G. elegans*, *G. acutifolia*, *G. cerastioides*, etc. : ornementales. *Vaccaria* : 3 *e* (M). *Dianthus* (Œillet) : 300 *e*, dont 21 en France. *Saponaria* (Saponaire) : 30 *e*. *S. officinalis*. *Drypis* : une espèce balkanique, *D. spinosa*.
	AIZOACÉES (= FICOÏDACÉES = MESEMBRYANTHÉMACÉES) — 23 *g*, 1100 *e*; surtout AfS. — Herbacées ou sous-ligneuses. — Voir p. 96.	*Mesembryanthemum* : 800 *e*, surtout au Cap. Nombreuses espèces ornementales; *M. acinaciforme* et *M. edule* ont des fruits comestibles; *M. cristallinum* et *M. nodiflorum* en France (M). *Mollugo* (20 *e*; régions chaudes); *Aizoon* (20 *e*; régions chaudes); *Tetragonia* (60 *e*, HS) : *T. expansa* (Tétragone) est un légume.
	CACTACÉES — 20-150 *g*, 2000 *e*. — Voir p. 96.	**Sous-famille des Pereskioidées :** Feuilles persistantes; Fl. à l'extrémité des rameaux ou pédonculées; ligneuses. Deux genres dont *Pereskia* (20 *e*) en AmT.
		Sous-famille des Opuntioidées : Feuilles peu persistantes; pas de pédoncule. *Nopalea* (7 *e*) : AmC; petits pétales, dépassés par les E. *Opuntia* : 250 *e* (AmC et S) ; pétales plus longs que les E; *O. ficus-indica* (Figuier de Barbarie).
		Sous-famille des Cereoidées : Pas de feuilles; Fl. tubuleuses. *Cereus* : 200 *e*; grands « Cactus » (20 m de haut). *C. grandiflorus* fournit la *cactine* (alcaloïde tonicardiaque). *Carnegia* : *C. gigantea* (12 m) en Arizona. *Oreocereus* et *Cleistocactus* peuvent vivre en haute montagne, à des température inférieures à 0 °C. *Lophophora williamsii* est le *Peyotl* des Aztèques (voir p. 97). *Echinocactus* : 300 *e*. *E. grussoni* ou « Coussin de Belles-mères ». *Mamillaria* (200 *e*) ; *Rhipsalis* : 50 *e*, Am et Af (seul genre existant naturellement en dehors de l'Amérique).
	THELYGONACÉES — 1 *g*, 3 *e* (M). — Herbacées; Fl. 1-sexuées; périanthe 2-5 ou 3-4; 10-30 E. — 1 C; ovaire supère; 1 ovule (campylotrope). Fruit : drupe. — Position systématique incertaine.	*Thelygonum* . en France : *Th. cynocrambe*.
PLUMBAGINALES — Herbacées, arbustes ou lianes; gamopétales.	**PLUMBAGINACÉES** — 10 *g*, 400 *e*. — Voir p. 98.	*Plumbago* : 10 *e*, dont en France *P. europaea*. *Plumbagella* : 1 *e* (As). *Acantholimon* : 100 *e* (M orient). *Limonium* : 200 *e*, cosmopolites.

suite à la page suivante

18. Lignée III - Phylum n° 3. *(suite et fin)*

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
PRIMULALES — Herbacées, arbres ou arbustes. — Voir p. 98.	**THEOPHRASTACÉES** — Environ 50 *e.* — Arbres ou arbustes d'AmT.	*Theophrasta* (AmC) : 2 *e.* *Clavija* (AmT) : 40 *e ;* racines émétiques ; fruits comestibles.
	MYRSINACÉES — 17 *g,* 1000 *e.* — Arbres et arbustes des régions chaudes ; bourgeons caractéristiques en *cigare.*	*Myrsina* (V) : 100 *e.* *Ardisia* ((intertropicales) : 250 *e.* *Maesa* (40 *e ;* V) ; *Aegyceras* (1 *e,* V).
	PRIMULACÉES — 28 *g,* 500-600 *e.* — Voir p. 98.	**Sous-famille des Primuloidées :** *Primula* (Primevère ; surtout HN) : 250 *e.* *P. farinosa* (lieux humides, en montagne), renferme une saponine ; *P. officinalis* (contient un alcool). *Douglasia :* 4 *e* dont *D. vitaliana* (Eu). *Androsace* (HN) : 100 *e* (haute montagne). *Soldanella* : 6 *e* (Eu). *Samolus* (9 *e*). *Hottonia* (22 *e*). *Lysimachia :* 80 *e.* *Anagalis* (Mouron) : 30 *e ;* graines toxiques pour les oiseaux. *Cyclamen :* 20 *e* (M et montagnes d'Eu) : *C. persicum ; C. europaeum ; C. africanum ; C. creticum;* etc. Le bulbe des Cyclamens renferme une substance toxique *(cyclamose).*
		Sous-famille des Corisoidées : *Coris :* 2 *e* (M) : *C. monspeliensis* et *C. hispanica.*

19. Lignée III - Phylum n° 4 - Dicotylédones Apétales.

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
JUGLANDALES	**JUGLANDACÉES**	*Juglans* (Noyer) : 15 *e,* dont *J. regia* (Noyer cultivé). *Carya* (Hickory, AmN) : 15 *e. Pterocarya.*
JULIANIALES	**JULIANACÉES**	*Juliana* (Mexique) : 4 *e. Orthopterygium* (Pérou).

20. Lignée IV - Phylum n° 5 : ordre des Terebinthales. Plantes surtout ligneuses étudiées p. 98. Voir la suite de ce phylum au tableau 21.

FAMILLES	SOUS-FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
RUTACÉES — 150 *g,* 2 000 *e.* — Voir p. 98.	**Sous-famille des Rutoidées.** — 4 - 5 C. — Fruits en coques.	*Ruta* (Rue) : 60 *e* (Eu, A). En France. *R. patavina ; R. augustifolia ; R. graveolens.* *Fagara :* 200 *e* (IT). *Xanthoxylum :* 15 *e* (As, Am N). *Dictamnus* (Fraxinelle) : 10 *e* (Eurasie tempérée). *Barosma* (Buchu) : 20 *e* (Le Cap) ; contiennent des essences et des alcaloïdes. *Pilocarpus :* 20 *e* (Am T) feuilles médicinales (pilocarpine et pilocarpène). *Galipea :* 8 *e* (Brésil), l'écorce de *G. officinalis* est l'écorce d'Angusture vraie (tonique, amer).
	Sous-famille des Dictyolomatoidées.	*Dictyoloma :* 2 *e* (Am S).
	Sous-famille des Flindersoidées. — 5 - 3 C. — 2 - 8 ovules.	*Flindersia :* 20 *e* (IN) ; *Chlonoxylon :* 1 *e* (Inde), *C. swietenia* (bois précieux).
	Sous-famille des Spatheloidées. — 3 C ; — 2 ovules par loge.	*Spathelia :* 10 *e* (Antilles).
	Sous-famille des Toddalioidées. — 5 - 1 C. — Drupe ou fruit sec.	*Ptelea :* 10 *e* (Am N) . *Toddolia* 1 *e* (As). *Teclea :* 25 *e* (Af).
	Sous-famille des Aurantoidées. — Fruit : une baie cloisonnée.	*Citrus* (Agrumes) : 11 *e* ; *C. maxima* (Pamplemousse). *C. nobilis* (mandarinier) ; *C. medica* (Citronnier) et *C. medica var. bajoura* (cedratier). *C. limonia* (Citronnier de consommation). *C. aurantiifolia* (Citronnier des pays chauds). *C. sinensis* (Oranger doux) ; *C. aurantium* (Bigaradier) dont la sous-espèce *Bergamia* est la Bergamotte.

suite à la page suivante

20. Lignée IV - Phylum n° 5 : ordre des Terebinthales. *(suite)*

FAMILLES	SOUS-FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
RUTACÉES (suite)	**Sous-famille des Rhabdodendroidées.**	*Rhabdodendron :* 2 *e* (Brésil).
SIMARUBACÉES — 30 - 40 *g*, 200 *e*. — Voir p. 98.	**Sous-famille des Surianoidées.** — C 2 - 5 - ovulés.	*Surania :* 1 *e* (IT).
	Sous-famille des Simaruboidées. — C 1 - ovulés.	*Simaruba :* 10 *e* (Am T) ; *S. amara* (médicinale, antivenimeuse). *Simaba :* 22 *e* (Am T) ; *S. cedron* (contre morsure des Serpents). *Quassia :* 2 *e* ; *Q. amara* ou bois de Surinam. *Ailanthus* (Ailanthe) : 15 *e* (As) ; *A. glandulosa : Vernis du Japon.*
	Sous-famille des Kirkioidées. — Fruit à 4 coques.	*Kirkia :* quelques *e* (Af T).
	Sous-famille des Irvingoidées. — 5 - 2 C - unis.	*Irvingia :* 10-20 *e* (Af IT). *Klainedoxa* (Af).
	Sous-famille des Picramnoidées. — 2 - 3 C - unis.	*Picramnia :* genre unique d'Am T.
	Sous-famille des Alvaradoidées. — 2 - 3 C - unis.	*Alvaradoa :* 5 *e* (Am T).
BURSERACÉES — 20 - 30 *g*, 600 *e*. — Voir p. 98.		*Bursera :* 100 *e* (Am T). *Protium :* 90 *e* (Am T) ; fournit l'encens de Cayenne ou « Oliban américain ». *Boswellia :* 23 *e* (Af) ; encens. *Canarium* 150 *e* (V). *Commiphora :* 200 *e*; *C. abyssinica* fournit la vraie *Myrrhe*.
MELIACÉES — 51 *g*, 1000 *e*. — Id.		*Melia :* 12 *e* (T); *M. azedarach*, plante ornementale. *Cedrela :* 9 *e* (Am T) ; bois précieux; *C. odorata :* Acajou femelle. *Ptaeroxylon :* 1 *e* (Af S) ; bois (Mahagoni du Cap). *Khaya :* 6 *e* (Af T) ; Acajou, Mahagoni de Gambie. *Swietenia :* 4 *e* (Am C); *S. Mahagoni* est le Mahagoni vrai. *Dysoxylum :* 100 *e* (IM). *Aglaia :* 300 *e* (IM). *Guarea :* 100 *e* (bois de Mahagoni). *Trichilia :* 230 *e* (IT).
POLYGALACÉES — 10 *g*, 700 *e*. — Id.		*Polygala :* 500 *e*; en France : *P. vulgaris, P. chamaebuxus.* *Moutabea :* 100 *e* (Am T). Fruits de *M. guyanensis* comestibles.
TRIGONIACÉES — 4 *g*, 40 *e*. — Ligneuses, souvent grimpantes. — Fl de type 5.		2 *g* en Am IT; 2 *g* endémiques à Madagascar.
VOCHYSIACÉES — 6 *g*, 180 *e*. — Toutes en Am T, sauf *Frismadelphus.*		*Vochysia :* 99 *e*. *Callisthene :* 8 *e*. *Erismadelphus :* 2 *e* (Af. équatoriale, Nigéria).
ANACARDIACÉES (= **TEREBINTHACÉES**) — 75 *g*, 600 *e*. — Id.	**Mangiferées.** — 5 - 1 C unis ; — feuilles simples.	*Mangifera* (Manguier) : 53 *e* (T) ; *M. indica* (Mangue) : arbres jusqu'à 45 m. Drupe comestible. *Anacardium :* 10 *e* (Am T).
	Spondiées. — 5 - 4 C. — Feuilles souvent pennées.	*Spondias :* 6 *e* (T).
	Rhoidées. — 3 C.	*Pistacia :* 7 *e*; *P. lentiscus* (Lentisque) ; *P. terebinthus* (Terebinthe) ; *P. vera* (Pistachier vrai); *P. atlantica* (Betoum). *Rhus :* 150 *e*. *Cotinus :* 2 *e* dont *C. coggyria* (Arbre à perruque).
	Semecarpées. — 3 C.	*Semecarpus :* 40 *e* (IM).
	Dobinées.	*Dobinea :* 2 *e* (Himalaya, Chine).

suite à la page suivante

20. Lignée IV - Phylum n° 5 : ordre des Terebinthales. *(suite et fin)*

FAMILLES	SOUS-FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
SAPINDACÉES — 130 *g*, 1100 *e*. — Id.	**Eusapindoidées.** — C 1 - ovulés.	*Serjania* : 200 *e* (lianes à vrilles). *Paullinia* : 150 *e*. *Allophylus* : 160 *e*. *Sapindus* : 12 *e* ; *S. saponaria* (Savonnier des Antilles). *Euphoria*. *Litchi* : 1 *e* (Chine); *L. chinensis* (Noisetier de Chine) à graines comestibles.
	Dyssapindoidées. — C 2 - pluriovulés.	*Koelreuteria* : 3 *e* (Chine); *K. paniculata* (ornementale). *Dodonaea* : 50 *e* (surtout Australie).
ACERACÉES — 2 *g*, 150-200 *e*. — Id.		Arbres ou arbustes. Les 2 *g* : *Dipheronia* (1 *e*) et *Acer* (Erable) ; *A. rubrum* (ornemental) ; *A. pseudo-platanus* (Sycomore) ; *A. negundo* (Am N, ornemental) ; *A. saccharum* (Erable à sucre). *A. campestris* (Erable champêtre) ; *A. platanoides* (Erable platane).
HIPPOCASTANACÉES — 2 *g*, 18 *e*. — Id.		*Aesculus* ; *A. hippocastanum* (Marronnier d'Inde). *Billia*.
BUXACÉES — 6 *g*, 50 *e*. — Plantes toujours vertes (arbres, arbustes ou herbacées).	**Buxoidées.** — Monoïques ; feuilles opposées. — C 2 - ovulés.	*Buxus* : 40 *e*; *B. sempervirens* ; *B. balearica*. *Notobuxus* : 2 *e*.
	Pachysandroidées. — Feuilles alternes. — C 2 - ovulés.	*Pachysandra* : 6 *e*. *Sarcococca* : 10 *e*. *Styloceras* : 4 *e*.
	Simmondsioidées. — Dioïques. — C 1 - ovulés.	*Simmondsia* : 1 *e* (Californie), graine riche en huile comestible.
AEXTOXICACÉES — 1 espèce (arbre).		*Aextoxicon punctatum* : arbre dioïque à feuilles alternes.
AKANIACÉES — 1 espèce (arbre).		*Akania hilii*.
CORIARIACÉES — 1 *g*, 10 *e*. — Arbustes.		*Coriaria* ; en France : *C. myrtifolia*. Ses feuilles contiennent un glucoside toxique : la *coriariamyrtine*
CYRILLACÉES — 4 *g*, 18 *e*. — Arbres et arbustes (Am).		
PENTAPHYLLACÉES — 1 *g*, 1 *e*.		*Pentaphylax euryoides* (Hong Kong).
DICLIDANTHERACÉES — 1 *g*, 2 *e* (Brésil).		*Diclidanthera* (lianes).
CORYNOCARPACÉES — 1 *g*, 3 *e*.		*Corynocarpus* (arbre).
TREMANDRACÉES — 3 *g*, 30 *e*. — Petits arbustes.		*Tetratheca* (ressemblent à des Bruyères). *Plathytheca*.
BALSAMINACÉES — 2 *g*, 400 *e*. — Herbacées tropicales et tempérées.		*Impatiens* (Balsamine), souvent cultivées ornementalement ; *I. balsamina* ; *I. amphorata* ; *I. noli-tangere* ; *I. orchioides* ; etc. *Hydrocera* : Une seule espèce, cosmopolite.
DIDIEREACÉES — 4 *g*, 8 *e*. — Madagascar ; ressemblent à des Cactacées.		*Didierea*. *Alluaudia*. *Alluaudiopsis*.
SABIACÉES — 4 *g*, 100 *e*. — Arbres, arbustes ou lianes (IT).		*Sabia* : 20 *e*. *Meliosma* : 50 *e*.
MELIANTHACÉES — 2 *g*, 30-40 *e*. — Arbustes.		*Melianthus* (Af S) et *Bersama* (Af T et Af S).

21. Lignée IV - Phylum n° 5 : ordres autres que l'ordre des Terebinthales.

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
CELASTRALES — Voir p. 99.	**CELASTRACÉES** — 40-50 *g*, 500 *e*. — Voir p. 99.	*Eumyonus* (Fusain) : 70 *e* ; *E. japonica* (ornementale) ; *E. latifolia* ; *E. europaea*. *Catha* : 1 *e*, *C. edulis* (Af orientale, Arabie). *Celestrus* : 30 *e*.
	STACKHOUSIACÉES — 2 *g*, 25 *e*. — Australie.	*Stackhousia*.
	HIPPOCRATEACÉES — 20 *g*, 200 *e*. — Souvent des lianes.	*Hippocratea*. *Simirestris*. *Salacia*.
	ICACINACÉES — 20-30 *g*, 250 *e*. — Arbres, arbustes ou lianes.	*Icacina* (Af T). *Villaresia* : 12 *e* ; plantes à *Maté* (caféine). *Phytocrene* (10 *e*, IM). *Chlamydocarya*.
	AQUIFOLIACÉES — 4-5 *g*, 300 *e*. — Voir p. 99.	*Ilex* : 300 *e* environ ; *I. aquifolium* (Houx). *Byronia* (Australie, Iles Sandwich).
	SALVADORACÉES — 3 *g*, 10 *e*. — Arbres ou arbustes (Inde, Af).	*Salvadora*, le fruit de *S. persica* est comestible
	STAPHYLAEACÉES — 6 *g*, 30 *e*.	*Staphylaea* : 11 *e* ; *S. pinnata* (Eurasie). *Turpinia* (10 *e*).
	PERIPTERYGIACÉES — 1 *g*, 3 *e*.	
	ERYTHROPALACÉES — 1 *g*, 4 *e*.	*Erythropalalum*.
RHAMNALES — Voir p. 99.	**RHAMNACÉES** — 50 *g*, 600-700 *e*. — Voir p. 99.	*Rhamnus* : 100 *e* ; *Rh. alaternus* (Alaterne) ; *Rh. cathartica* (Nerprun médicinal) ; *Rh. frangula* (Bourdaine) ; etc. *Ceanothus* : 40 *e* (Am). *Paliurus* (Chapeaux de bergère). *Zizyphus* (Jujubier) ; la drupe est la jujube ; *Z. lotus* (M) ; *Z. jujuba* (IM). *Hovenia* : 5 *e* (A). *Ventilago* : 40 *e*. *Gouania*, *Helinus* sont des arbustes à vrilles (comme les Vitacées).
	VITACÉES (= AMPELIDACÉES) — 12 *g*, 700 *e*. — Lianes ligneuses à vrilles : — Voir p. 99.	*Vitis* (Vigne) : 50 *e* ; *V. vitifera* : Vigne cultivée. *Cissus* : 350 *e* (zones chaudes) ; *C. currori* (Arbre « pied d'Eléphant ») ; *C. cactiformis* (semblable à un cactus). *Parthenocissus* (Vigne vierge). *Ampelopsis* : 15 *e*.
	LEEACÉES — 1 *g*, 70 *e*. — Voisines des Vitacées.	*Leea* (HS).
OMBELLIFLORES — Voir p. 99.	**ARALIACÉES** — 65 *g*, 8 000 *e*. — Voir p. 100.	**Sous-famille des Aralioidées.** *Aralia* : 40 *e*. *Panax* : 10 *e* ; *P. ginseng* (Chine), *P. quinquefolius* sont médicinales.
		Sous-famille des Scheffleroidées. *Fatsia japonica* (ornementale). *Schefflera* : 150 *e*. *Hedera* (Lierre) : 5-6 *e* ; *H. helix* (Eu), *H. canariensis* ; *H. rhombea* (Japon) ; etc.
		Sous-famille des Mackinlayoidées. 3 genres (Australie).
	OMBELLIFÈRES — 150 *g*, 3000 *e*. — Herbacées. — Voir p. 100.	**Sous-famille des Hydrocotyloidées.** *Hydrocotyle* : 78 *e* ; *H. vulgaris* (aquatique). *Drusa*.
		Sous-famille des Saniculoidées. *Sanicula* : 30 *e* (HN). *Astrantia* : 7 *e* (Eurasie). *Eryngium* : 200 *e* ; *E. alpinum* (Chardon bleu des Alpes) ; *E. yuccifolia*, etc.

suite à la page suivante

21. Lignée IV - Phylum n° 5 : ordres autres que l'ordre des Terebinthales. *(suite)*

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
OMBELLIFLORES (suite)	**OMBELLIFÈRES** (suite)	**Sous-famille des Apioidées.** *1. Echinophorées.* *Echinophora* : 10 *e* (M). *2. Scandicinées.* *Scandix* : 45 *e* (M) ; *S. pecten veneris* (Peigne de Vénus). *Anthriscus* : 13 *e*; *A. cerefolium* (Cerfeuil). *3. Coriandrées.* *Coriandrum* (Coriandre) : 2 *e*; *C. sativum*. *4. Smyrniées.* *Smyrnium* : 7 *e* (M). *Conium* : 2 *e* (V) ; *C. maculatum* (Grande Ciguë). *Cuminum* (Cumin) ; 1 *e* : *C. cyminum* (M). *Apium* (Ache, Céleri) : 20-30 *e*. *Seseli* : 60 *e*. *Petroselinum* (Persil) : 5 *e* (M) ; *P. sativum* (Af N) : souche du Persil cultivé. *Cicuta* (Ciguë), *C. virosa* est toxique. *Canum* : 30 *e*; *C. carvi* (Anis des Vosges). *Pimpinella* (Primprenelle) : 200 *e*; *P. anisum* (Anis vert). *Foeniculum* (Fenouil) : 3 *e*. *Anethum* : 2 *e*. *5. Pencedanées.* *Pencedanum* : 200 *e*. *Angelica* (Angélique) : 50 *e*. *Ferula* : 60 *e* (M). *Pastinaca* (Panais). *6. Laserpitiées.* *Thapsia* : 6-10 *e* (M). *7. Daucées.* *Daucus* (Carotte) : 100 *e*.
	CORNACÉES — 100 *g*, 120 *e*.	**Sous-famille des Mastixioidées.** *Mastixia*, *g* unique : 12 *e* (IM). **Sous-famille des Curtisioidées.** *Curtisia* (Af S). **Sous-famille des Cornoidées.** *Cornus* (Cornouiller) : 150 *e*. *Corokia*. *Griselinia*.
	ALANGIACÉES — 1 *g*, 21 *e*.	*Alangium*.
	NYSSACÉES — 3 *g*, 6 *e*. — Voisines des Cornacées.	*Nyssa* (As, Am N). *Davidia* (Chine). *Camptotheca* (Chine). Le bois de certains *Nyssa* fournit le *crayon de Tupelo* des chirurgiens.
GARRYALES — Voir p. 100.	**GARRYACÉES** — 1 *g*, 15 *e*. — Arbustes.	*Garrya* (Am N).
LIGUSTRALES — Id. — Voir p. 100.	**OLEACÉES** — 25 *g*, 500 *e*. — Famille unique.	**Sous-famille des Oleoidées (Ovule suspendu).** *Olea* (Olivier) : 60 *e*; *O. europaea*; *O. chrysophylla*; *O. ferruginea*; *etc.* *Ligustrum* (Troène) : 40 *e*; *L. japonicum*; *L. vulgare*. *Fraxinus* (Frêne) : 40 *e*; *F. ornus* (Frêne à fleurs; France) ; *F. excelsior*. *Syringa* (Lilas) : 20 *e*, ornementales. **Sous-famille des Jasminoidées (Ovule dressé).** *Jasminum* (Jasmin) : 160 *e* (V) ; *J. fruticans*; *J. officinale*; *J. grandiflorum*.
RUBIALES — Voir p. 100.	**RUBIACÉES** — 500 *g*, 6 000 *e*. — Voir p. 100.	**Sous-famille des Cinchonoidées.** *Cinchona* (Quinquina) : voir p. 100. *Pogonopus* (Am). *Ladenbergia* (Am S). *Pansinystalia* : 6 *e* (à yohimbine). *Sarcocephalus* : 10 *e*; *S. esculentus* : Quinquina d'Afrique. *Randia* : 100 *e*. *Gardenia* : 100 *e* (ornementales). **Sous-famille des Coffeoidées.** *Coffea* (Caféier) : 60 *e*. *Pavetta* : 100 *e* (T'). *Psychotria* (IT), plusieurs centaines d'*e*. *Geophila*. *Uragoga* (Ipéca) : 200 *e*. *Asperula* (Aspérule) : 100 *e*. *Galium* (Caille-lait) : 400 *e*. *Rubia* (Garance) : 35-40 *e*.

suite à la page suivante

21. Lignée IV - Phylum n° 5 : ordres autres que l'ordre des Terebinthales. *(suite et fin)*

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
RUBIALES (suite)	**CAPRIFOLIACÉES** — 20 *g*, 300-350 *e*. — Id.	*Sambucus* (Sureau) : 70-80 *e*. *Viburnum* (Viorne) : 150 *e*. *Lonicera* (Chèvrefeuille) : 150 *e*. *Linnaea* : 12 *e* (HN) ; *L. borealis*.
	ADOXACÉES — 1 *g*, 1 *e*.	*Adoxa moschatellina*.
	VALERIANACÉES — 10 *g*, 400 *e*. — Voir p. 101.	*Patrinia* : 15 *e* (As). *Valerianella* (Valérianelle, Doucette, Mâche) : 60 *e* (M). *Valeriana* (Valériane) : 200 *e*; *V. officinalis* ; *V. celtica* ; *V. tuberosa*.
	DIPSACACÉES — 10 *g*, 200 *e*. — Voir p. 101.	*Dipsacus* (Cardère) : 12 *e* (M); *D. fullonum* (Chardon à foulon) ; *D. silvestris* (Chardon sauvage). *Scabiosa* (Scabieuse) : 100 *e* (surtout M). *Morina* : 12 *e*.
	CALYCERACÉES — 3 *g*, 30 *e* (AmS). — Herbacées.	*Calycera*. *Boopis*. *Acicarpha*.
	LOGANIACÉES — 30 *g*, 400-500 *e*. — Voir p. 101.	*Logania* : 30 *e* (Au). *Spigelia* : 30 *e* (Am T). *Gelsemium* : 2 *e* dont *G. sempervirens* (Jasmin de la Caroline). *Strychnos* (Vomiquier) : 150 *e*; *St. nux vomica* (Noix vomique, IM) : strychnine, brucine ; *St. potatorum* (Inde) ; *St. Ignatis* (Fève de Saint-Ignace) ; etc. *Potalia*. *Anthocleista*.

22. Lignée IV - Phylum n° 6 :

1° - *ORDRE DES CONTORTALES (Dicotylédones gamopétales).*

	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
	GENTIANACÉES — 70 *g*, 800-900 *e*. — Voir p. 101.	*Gentiana* (Gentiane) : 600 *e* (HN) ; *G. lutea* (Grande Gentiane) ; *G. tenella*. *Gentiothamnus* : 1 *e* (Madagascar). *Halenia*. *Swertia* : 80 *e*. *Erythraea* (Petite Centaurée) : 40 *e*.
	MENYANTHACÉES — 5 *g*, 30 *e*. — Id.	*Menyanthes* (Menyanthe) : 1 *e*. *Limnanthemum* : 20 à 30 *e*.
	APOCYNACÉES — 300 *g*, 1300 *e*. — Id.	*Apocynum* : 5 *e*. *Landolphia* : 40 *e* ; plantes à caoutchouc. *Alstonia* : 40-50 *e* (Pacifique). *Aspidosperma* : 60 *e* (Am, IT) : alcaloïdes curarisants. *Vinca* (Pervenche) : 5 *e* ; alcaloïde chez *V. difformis*. *Rauwolfia serpentina* : alcaloïdes yohimbiniques. *Acocanthera* : 4 *e* ; donne la *ouabaïne* (tonicardiaque). *Thevetia* : 10 *e* (Am). *Th. neriifolia* donne la *nériifoline* (tonicardiaque). *Nerium* (Laurier-rose) : 3 *e*. *Strophantus* : 50 *e* : source de la *cortisone*.
	ASCLEPIADACÉES — 200 *g*, 2000 *e*. — Id.	*Asclepias* (Asclépiade) : 100 *e*. *Gomphocarpus* : 100 *e*. *Vincetoxicum* (Dompte-venin) : 200 *e*. *Marsdenia* : 70 *e*. *Ceropegia* : 100 *e* (V). *Stapelia* : 100 *e* (cactoïdes).

23. Lignée IV - Phylum n° 6. *(suite)* :

2° - *ORDRE DES TUBIFLORALES OU TUBIFLORES (Dicotylédones gamopétales).*

FAMILLES	SOUS-FAMILLES OU GROUPES INTERMÉDIAIRES (NUMÉROTÉS)	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
CONVOLVULACÉES — 50 *g*, 1 200 *e*. — Voir p. 102.		*Convolvulus* (Liseron) : 300 *e*. *Cressa* (3 *e*). *Exogonium* (Jalap) : 15 *e* (Am T) ; *E. purga* (Jalap vrai) est purgatif. *Ipomoea* : 300-400 *e* ; *I. batatas* (Patate douce) ; *I. orizabensis* (Jalap blanc ou Scammonée mexicaine). *Calystegia* : 7 *e* ; *C. sepium* (Grand Liseron). *Cuscuta* (Cuscute) : 200 *e*.
HUMBERTIACÉES — 1 *g*, 1 *e*.		*Humbertia madagascariensis* : arborescente ; cotylédons plans.

suite à la page suivante

FAMILLES	SOUS-FAMILLES OU GROUPES INTERMÉDIAIRES (NUMÉROTÉS)	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
POLEMONIACÉES — 8 *g*, 300 *e*. — AmN extratropicales surtout. — Herbacées, parfois lianes à vrilles.		*Polemonium :* 19 *e* (HN, Chili). *Phlox :* 50 *e ;* ornementale. *Collomia :* 10 *e*. *Gilia :* 100 *e*. *Cobaea :* 10 *e ;* ornementale.
SOLANACÉES — 90 *g*, 2 500 *e*. — Voir p. 102.	1° Nicandrées.	*Nicandra :* 1 *e* (Pérou) ; *N. physaloides*.
	2° Solanées (incl. Daturées).	*Solanum* (Morelle) : 2000 *e*, surtout Am ; *S. tuberosum* (Pomme de terre) ; *S. nigrum* (Morelle noire) ; *S. Dulcamara* (Douce-amère) ; *S. melongena* (Aubergine). *Lycopersicum* (Tomate) : 6 *e ; L. esculentum* (Tomate cultivée). *Mandragora* (Mandragore) : 4 *e*. *Atropa* (Belladone) : 2 *e ; A. belladona* (Belladone officinale). *Hyoscyamus* (Jusquiame) : 11 *e ; H. niger* (Jusquiame noire) et *H. albus* (J. blanche). *Physalis* (Alkekenge) : 50 *e* (surtout Am). *Capsicum* (Piment, Poivron) : 30 *e ; C. frutescens* (Piment de Cayenne) ; *C. annuum* (Piment doux). *Datura :* 20 *e* (zones chaudes).
	3° Cestrées.	*Cestrum :* 150 *e*. *Nicotiania* (Tabac) : 75 *e* (Am, HS). *Petunia :* 14 *e*.
	4° Salpiglossidées.	*Salpiglossis :* 10 *e* (Am S). *Duboisia* (2 *e*, Au).
BUDDLEIACÉES — 10 *g*, 150 *e*.		*Buddleia* (zones chaudes).
HYDROPHYLLACÉES — 20 *g*, 300 *e*. — Surtout Am. Ecologie très variée. — Herbacées en général.		*Hydrophyllum*. *Phacelia :* 80 *e ; Ph. tanacetifolia* (miel). *Nemophila*.
NOLANACÉES — 2 *g*, 60 *e*. — AmS.		
LENNOACÉES — 3 *g*, 4 *e*. — Californie, Mexique.		
HOPLESTIGMATACÉES — 1 *g*, quelques *e*.		*Hoplestigma* (Af. occidentale).
BORAGINACÉES — 100 *g*, 2 000 *e*. — Voir p. 102.	Sebestenoidées.	*Sebesten :* 250 *e ;* arbres ou arbustes des zones chaudes ; *S. mairei :* ornementale.
	Ehretioidées.	*Ehretia :* 50 *e*.
	Heliotropoidées.	*Heliotropium :* 250 *e ; H. perruvianum ; H. europaeum*.
	Boraginoidées.	*Borago* (Bourrache) : 4 *e* (M). *Cynoglossum* (Cynoglosse) : 75 *e*. *Symphytum* (Consoude) : 20 *e* (Eu, M). *Anchusa* (Buglosse) : 50 *e*. *Myosotis :* 40 *e*. *Echium* (Vipérine) : 100 *e*.
	Wellstedioidées.	
SCROPHULARIACÉES — 200 *g*, 3000 *e*. — Herbacées ou arbustives, rarement arbres.	**Pseudosolanoidées.** — Feuilles alternes ; 5 E.	*Verbascum* (Bouillon blanc) : 300 *e* (V). *Celsia :* 100 *e* (zones chaudes de l' HN).
	Antirrhinoidées. — Feuilles opposées (ou en partie opposées). — 4 E.	*Antirrhinum* (Gueule de Lion) : 40 *e* (HN). *Calceolaria :* 200 *e* (Am C, Am S). *Linaria* (Linaire) : 200 *e* (HN, M). *Penstemon :* 100 *e* (Am N, Asie orientale).
	Rhinanthoidées. — 2 pétales supérieurs recouverts par pétales latéraux.	*Rhinanthus :* 20 *e* (HN). *Veronica* (Véronique) : nombreuses *e* dans les zones tempérées froides ; médecine populaire. *Digitalis* (Digitale) : 30 *e* (Eurasie). *D. purpurea* (Digitale pourpre) est officinale (hétérosides). *Euphrasia* (Casse-Lunette) : 100 *e*. *Pedicularis* (Pédiculaire).
SELAGINACÉES — 60 *g*, 120 *e*. — Presque toutes au Cap.		*Hebenstreitia*.

suite à la page suivante

23. Lignée IV - Phylum n° 6. *(suite)*

FAMILLES	SOUS-FAMILLES OU GROUPES INTERMÉDIAIRES (NUMÉROTÉS)	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
GLOBULARIACÉES — 3 *g*, 25-30 *e*. — Des Canaries à l'Arabie, en passant par M. — Herbacées ou arbustives.		*Globularia* (Globulaire) : 22 *e*; *G. alypum* (contient de la *rutine*). *Lytanthus* (Canaries, Açores, Iles du Cap-Vert).
OROBANCHACÉES — 12 *g*, 200 *e* (HN). — Parasites sur racines.		*Orobanche :* 150 *e*. *Lathrea* (Clandestines) : 5 *e*.
GESNERIACÉES — 100 *g*, 1200 *e*. — Herbacées ou arbustes. — Grandes Fl de type 5.		*Ramondia pyrenaica* (France). *Sinninga; Kohleria*. *Streptocarpus*. Plantes souvent ornementales.
BIGNONIACÉES — 100 *g*, 750 *e*. — Arbres, arbustes ou lianes. Grandes Fl en grappes ou cymes.		*Bignonia :* 2 *e* (Am C). *Catalpa :* 6 *e* (Am, As) ; *C. bignonioides*, ornementale. *Tecoma :* 80 *e* (Am T) ; *T. leucoxylon* donne un *bois d'ébène* vert; *Jacaranda :* 40 *e* (fournissent du *palissandre*). *Crescentia :* 5 *e* (Am T) ; *C. cujete* est l'*arbre à calebasses*. *Kigelia* (Arbres à Saucisses) : 10 *e* (Af T).
PEDALIACÉES — 16 *g*, 50 *e* (V).		*Sesamum :* 20 *e* (Af, Inde); *S. indicum* donne l'*huile de Sésame*. *Trapella*.
MARTYNIACÉES — 3 *g*, 10 *e* (V).		*Proboscidea*.
LENTIBULARIACÉES — 5 *g*, 300 *e*. — Herbacées souvent aquatiques.		*Utricularia :* 300 *e*. *Genlisea :* 10 *e* (Am et Af T). *Pinguicula :* 30 *e* (HN), terrestres.
MYOPORACÉES — 4 *g*, 100 *e*.		*Myoporum* (Au, As orientale, Ile Maurice) : 25-30 *e*.
ACANTHACÉES — 250 *g*, 2500 *e*. — Zones chaudes du globe. — Herbes, lianes, arbustes, parfois arbres. Fl de type 5. Fruit : capsule rarement drupe. — Graine en général exalbuminée. — Crochets *(éjecteurs)* aidant à la dissémination des graines.	**Nelsionoidées.** — ∞ ovules.	*Nelsonia :* 1 *e* (T).
	Mendocioidées. — 4 ovules. — Fruit drupacé.	*Mendocia :* 25 *e* (Am T).
	Thunbergioidées. — 4 ovules. — Capsule.	*Thunbergia :* 100 *e* (zones chaudes).
	Acanthoidées — 1 - ∞ ovules. — Ejecteurs typiques.	*Acanthus :* 20 *e* (V). *Strobilanthes :* 180 *e* (As, Madagascar). *Ruellia :* 200 *e*. *Justicia :* 250 *e* (IT). Plantes ornementales.
VERBENACÉES — 100 *g*, 2700 *e*. — Zones chaudes du globe. — Herbacées ou ligneuses. FL du type 5 ou 4 en général. — 2 C (ovaire supère). — Drupe. Graine exalbuminée.	**Stilboidées**	*Stilbe* (Le Cap).
	Verbenoidées.	*Verbena :* 100 *e* (surtout Am). *Lantana :* 50 *e*; ornementales. *Lippia :* 100 *e* (surtout Am) ; en France : *L. nodiflora*; *L. citriodora* (Am S) est la Verveine officinale. *Citharexylum :* 20 *e* (donne un « bois de fer »).
	Chloanthoidées.	
	Viticoidées.	*Vitex :* 100 *e*; le fruit de *V. agnus castus* (M) remplaçait autrefois le Poivre. *Clerodendron*.
	Caryoptérioidées.	
	Symphoremoidées.	
	Avicennioidées.	*Avicennia* (IT) : plante de la Mangrove.

suite à la page suivante

23. Lignée IV - Phylum n° 6. *(suite et fin)*

FAMILLES	SOUS-FAMILLES OU GROUPES INTERMÉDIAIRES (NUMÉROTÉS)	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
PHRYMACÉES		Espèce unique : *Phryma leptostachya* (Am N).
LABIÉES — 200 *g*, 4000 *e*. — Herbacées ou arbustes; feuilles sans stipules. — Fl du type 5 - 2 C. Ovaire supère. — Nombreux hybrides. Polyploïdie très répandue (*Mentha*, par exemple, peut avoir 12, 18, 24, 36, 48, 64, 68 ou 72 chromosomes). — Plantes à essences; nombreuses espèces ornementales.	**Ajugoidées.** — Style non gynobasique. — Graine exalbuminée.	*Ajuga* (Buglosse) : 60 *e* (V). *Teucrium* (Germandrée) : 200 *e* (surtout M). *Rosmarinus* (Romarin) : 2 *e* (M).
	Prostantheroidées. — Id. — Graine albuminée. (Au).	
	Prasioidées. — Fruits drupacés. — Péricarpe charnu.	*Prasium* : 1 *e*; *P. majus* (M).
	Scutellarioidées. — Fruits à péricarpe mince.	*Scutellaria* : 200 *e*.
	Catophérioidées. — Embryon à radicule droite.	
	Lavanduloidées. — Lobes du disque superposés aux lobes ovariens.	*Lavandula* (Lavande) : 30-40 *e* (des Canaries à l'Inde) ; *L. vera* (Lavande vraie) fournit l'essence de lavande vraie ; *L. latifolia* (l'essence d'Aspic).
	Stachyoidées. — Lobes du disque alternant avec ceux de l'ovaire. 7 Etamines.	*Stachys* : 200 *e*; *St. Sieboldii* fournit les « crosnes du Japon ». *Marrubium* (Marrube) : 50 *e* (V, M). *Glechoma* (Lierre terrestre) : 6 *e* (V). *Lamium* (Laumier) : 50 *e* (Eurasie). *Salvia* (Sauge) : 600 *e* (surtout Am) ; les Sauges donnent des essences (50 % de *salviol*, toxique). *Melissa* (Mélisse) : 3 *e*. *Satureja* (Calaminthe) : 150 *e*. *Origanum* (Marjolaine) : 30 *e* (M), essence. *Thymus* (Thym) : 70 *e* (M), essences variées (thymol, citral, etc.). *Mentha* (Menthe) : 20 *e* (V), essences à menthol. *Pogostemon* : 30 *e* (IM); *P. patchouli* (essence de patchouli, utilisée en parfumerie). *Ocimum* : 60 *e*; *O. basilicum* (Basilic) est riche en *estigol*.
TETRACONDRACÉES		Espèce unique : *Tetrachondra hamiltonii* (Nouvelle-Zélande).
PLANTAGINACÉES — 3 *g*, 200-300 *e*. — Herbacées.		*Plantago* : près de 300 *e*; *P. psyllium* est l' « Herbe aux Puces ». *Littorella* : 2 *e* (Eu).
COLUMELLIACÉES — 1 *g*, 2 *e* (AmS). — Famille annexe.		

24. Phylums n°s 7, 8 et 9. Dicotylédones dialypétales disciflores (Pandales, Cneorales) et gamopétales (Ebenales).

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
PANDALES (Phylum n° 7).	**PANDACÉES** — Fl régulière, de type 5. — 1 espèce unique.	*Pandea oleosa* (Af occidentale T) : arbre à aspect de Celastracées.
CNEORALES — Arbustes. — Voir p. 103. (Phylum n° 8).	**CNEORACÉES** — 1 *g*, 3*e*. — Fl de type 3; 3-4 C, avec 2 ovules par loge. — Fruits : akènes.	*Cneorum* : genre unique (2 *e* en M ; 1 *e* à Cuba). En France : *C. tricoccum*.
EBENALES — Ligneuses. — Voir p. 103. (Phylum n° 9).	**EBENACÉES** — 6 *g*, 300-400 *e*. — Voir p. 103.	*Diospyros* (Plaqueminier) : 200 *e*, intertropicales, fournit les *bois d'ébène; D. dendo; D. mespiliformis; D. ebenum* et *D. melanoxylon* (AT) ; *D. haplostylis* (Madagascar) ; *D. tesselaria* (Ile Maurice); *D. kaki* (A tempérée) fournit le *kaki* (fruit de la taille d'une orange). *Maba* : 100 *e*, intertropicale .
	SAPOTACÉES — 40-50 *g*, 600 *e*. — Voir p. 103.	*Payena* (20 *e*, IM). *Illipe* : 30 *e*, IM ; les graines d'*I. butyracea* donnent des matières grasses (beurre d'Illipe). *Achras sapota* (Sapotilier) : Antilles. *Vitellaria* (20 *e* ; Am T) : fruits comestibles. *Argania* (Arganier, Maroc) : huile d'Argan. *Mimusops* : 200 *e* ; intertropicale (guttapercha. etc.).

suite à la page suivante

24. Phylums n°s 7, 8 et 9. *(suite et fin)*

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
EBENALES (suite)	**SARCOSPERMACÉES** — 1 *g*, 6 *e*. — Feuilles à stipules. — Fl de type 5; ovaire 1-2 loc., supère; 1 ovule apotrope. — Des laticifères.	*Sarcosperma :* genre unique, avec 6 *e* (IM).
	STYRACACÉES — 8 *g*, 120 *e*. — Voir p. 103.	*Styrax :* 60 *e*; *S. officinalis* (Aliboufier); *S. benzoin* (IM); *S. tonkinense* (Laos); *S. Obassia* (As).
	SYMPLOCACÉES — 1 *g*, 300-400 *e*. — Arbres ou arbustes; feuilles alternes. — Fl 1-sexuées ou polygames. 5-2 C et 5-2 loges. Fruits drupacés. — Alcaloïdes (caféine) chez certaines espèces.	*Symplocos :* genre unique, avec 300-400 *e*, généralement intertropicales; surtout IM. Les Symplocos fournissent des bois d'œuvre, des matières tinctoriales (jaunes et rouges); les feuilles de *S. neglecta* et de *S. rhamnifolia* sont consommées comme le Thé.
	LISSOCARPACÉES — Espèce unique.	*Lissocarpa benthami* (Brésil) : inflorescence en cymes (= Styracacées).

25. Phylum n° 10 - Dicotylédones, Dialypétales disciflores (Malvales) et thalamiflores (Geraniales).

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
GERANIALES — Herbacées ou ligneuses. — Voir p. 103.	**ZYGOPHYLLACÉES** — 30 *g*, 250 *e*. — Voir p. 104.	*Peganum* (M, As, Mexique) : 6 *e*. *Fagonia :* 50 *e* (M, Af SW, Chili, Am N). *Zygophyllum* (V) : 100 *e*. *Guajacum* (Gaiac) : 6 *e* (Am T); *G. officinale* et *G. sanctum*. *Nitraria* (4 *e*; V); *Balanites* (V, 20 *e*)
	GERANIACÉES — 12 *g*, 800 *e*. — Id.	*Geranium :* 300 *e*. *Pelargonium :* 300 *e* (surtout Af S). Ce sont les « géraniums » cultivés : *P. peltatum* (Géranium-Lierre); *P. cordatum*; *P. grandiflorum, etc.*
	TROPAELACÉES — 2 *g*, 100 *e*. — Id.	*Tropaeolum* (Capucine) : *T. majus* (jaune); *T. speciosum* (pourpre); *T. azureum* (bleu). *Magalana* (Patagonie) : 1 *e*.
	OXALIDACÉES — 7-8 *g*, 1000 *e*. — Id.	*Oxalis :* 900 *e*; types biologiques divers; *O. tuberosa* (Andes) : légume. *O. corniculata*, mauvaise herbe; *O. natans* (Le Cap) : aquatique; *O. loricata, etc.* *Biophytum :* 50 *e* (T). *B. sensitivum*.
	LIMNANTHACÉES — 2 *g*, 8 *e*. — Herbacées; Fl de type 5 ou 3.	*Limnanthes; Floerkea :* tous deux d'Am N.
	LINACÉES — 10 *g*, 200-300 *e*. — Voir p. 104.	*Linium* (Lin) : 300 *e*; *L. usitatissimum* (Lin industriel); *L. angustifolium; L. perenne; L. grandiflorum* (ornemental). *Radiola*, 1 *e* : *R. linoides* .
	LEPIDOBOTRYACÉES — 1 *g*. — Inflorescences en grappes.	*Lepidobotrys* (Af T).
	HUMIRIACÉES — 3 *g*, 30 *e*. — *e* nombreuses; fruit drupacé.	*Saccoglottis* (T, surtout américaine).
	ERYTHROXYLACÉES — 3 *g*, 200 *e*. — Voir p. 104.	*Erythroxylon* (200 *e*, surtout Am); *E. coca* fournit la cocaïne.
	MALPIGHIACÉES — 60 *g*, 1 000 *e*. — Voir p. 104.	*Banisteria :* 80 *e* (Am S, Af). *Malpighia :* 40 *e* (Am T). *Byrsonima :* 100 *e* (Am T). *Acridocarpus:* 30 *e*, Inde, Af.

suite à la page suivante

25. **Phylum n° 10.** *(suite et fin)*

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
MALVALES — Herbacées ou ligneuses. — Voir p. 104.	**TILIACÉES** — 40 *g*, 400 *e*. — Voir p. 104.	*Tilia* (Tilleul) : 10 *e* (HN) *T. argentea ; T. platyphylla ; T. parvifolia.* *Corchorus* : 30 e (T) *C. olitorius ; C. capsularis.* *Grewia* : 100 *e* (V).
	MALVACÉES — 80 *g*, 1500 *e*. — Id.	*Malva* (Mauve) : 50 *e* (HN tempéré). *Althaea* (Guimauve) : 20 *e* (V) *A. rosea* : Rose trémière. *Hibiscus* : 200 *e* (T) ; en France : *H. roseus.* *Gossypium* (Cotonnier) ; *G. arboreum ; G. eglandulosum ; G. obtusifolium ; G. hirsutum ; G. herbaceum ; G. peruvianum ; G. barbadense ; G. brasiliense ;* etc. *Malope* (5-6 *e*, M). *Abutilon* (100 *e* ; T). *Lavatera* (30 *e* ; M).
	BOMBACÉES — 22 *g*, 150 *e*. — Id.	*Adansonia* : 10 *e* (V) ; *A. digitata* est le Baobab d'Afrique. *Bombax* (Kapokier) : 50 *e* (T). *Ceiba* (Fromager) : 20 *e*. *Camptostemon* ; *C. schultzii* est l'arbre de la Mangrove (Au).
	STERCULIACÉES — 50 *g*, 1000 *e*. — Id.	**Sous-famille des Theobromoidées.** *Sterculia* : 100 *e* (T) ; ornementale. *Cola* : 50 *e* (Af T) ; *C. acuminata* et *C. nitida* sont des Colatiers. *Theobroma* : 20 *e* (Am T) ; *Th. cacao* est le cacaotier. *Octolobus ; Fremontia ; Craigia.* **Sous-famille des Eriolaenoidées.** *Mansonia. Dombeva* (80 *e*). *Hermannia* (120 *e*, Af).
	CHLAENACÉES — 8 *g*, 33 *e* (Madagascar). — Arbres ou arbustes, rarement lianes. — Flengrappes ; type 5-3. — ∞ E ; 1-2-3-4-5 C (2—∞ ovules).	*Xyloolaeena.*
	SCYTOPETALACÉES — 4 *g*, 15 *e* (AfW, intertropicale). — Arbres à feuilles coriaces. — Inflorescences en grappes ou en ombelles ; — 3-10 *P* ; ∞ E. Ovaire supère ou semi-infère.	*Scytopetalum.* *Rhaptopetalum.*
	GONYSTYLACÉES — 1 *g*, 10 *e* (Malaisie). — Arbres à feuilles alternes, non stipulées. — 5 S ; ∞ P ; 10—∞ E. — Ovaire supère 3-5 loc.	

26. **Lignée IV - Phylum n° 11 : ordre unique des Tricoques (Dicotylédones, Dialypétales, Thalamiflores).**

FAMILLES	SOUS-FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
EUPHORBIACÉES — 300 *g*, 8-10 000 *e*. — Voir p. 105.	**Phyllanthoidées.**	*Phyllanthus* : 500 *e* (zones chaudes). *Antidesma* : 200 *e* (régions chaudes). *Toxicodendrum* : 1 *e*, *T. globosum* (au Cap) ; fruits et graines toxiques (renfermant un poison dont on se sert pour tuer les Hyènes).
	Crotonoidées.	*Croton* : 600 *e* (IT) ; *C. eluteria* (écorce de Cascarille). *Aleurites* : 5 *e* (T) ; *A. triloba* (huile). *Hevea* : 20 *e* (AM équatoriale) ; *H. brasiluiensis* fournit le « caoutchouc de para ». *Mercurialis* (Mercuriale) : 8 *e* (4 en France). *Ricinus* (Ricin) : 1 *e*, *R. communis* (huile), Af. *Manihot* 160 *e* : (AmT), *M. utilissima* ; Manioc. *Mabea* : 40 *e* (AmT), caoutchouc. *Euphorbia* (Europe) 2000 *e*, dont 49 dans nos régions.
	Porantheroidées.	Plantes australiennes.
	Ricinocarpoidées.	Id.

suite à la page suivante

26. Lignée IV - Phylum n° 11. *(suite et fin)*

FAMILLES	SOUS-FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
DAPHNIPHYLLACÉES — 1 *g*, 30 *e*. — Plantes voisines des Phyllanthoidées. — Fl en grappes et pas de laticifères.		*Daphniphyllum* (As du SE et orientale).
DICHAPETALACÉES — 4 *g*, 220 *e*.		Famille surtout afro-malgache. *Dichapetalum*.
LOPHOPYXIDACÉES — 1 *g*. — Position incertaine.		*Lophopyxis*.

27. Lignée V - Phylum n° 12 - 1° Ordre des Polycarpiques (Dicotylédones, Dialypétales, Disaflores).

FAMILLES	SOUS-FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
MAGNOLIACÉES — 10 *g*, 100 *e*. — Voir p. 108.		*Magnolia* : 30-40 *e* (As, Am N). Ornementales. *Liriodendron* : 2 *e* ; *L. tulipifera*, Tulipier (Am N).
WINTERACÉES (= ILLICIACÉES) — 8 *g*, 30-40 *e*. — Id.		*Illicium* : 7 *e* (Am N, As) ; *I. verum* donne l'Anis étoilé ou « Badiane vraie » ; *I. religiosum* (Fausse Badiane). *Drimys* : 20 *e* (surtout HS).
SCHIZANDRACÉES — 2 *g*, 20 *e*. — Lianes, feuilles sans gaine ni stipules.		*Schizandra* : 7 *e* (Am N, As). *Kadsura* : 7 *e* (As orientale).
DEGENERIACÉES — 1 *g*, 1 *e*.		*Degeneria vitensis* (Iles Fidji), voisine des Magnoliacées.
LACTORIDACÉES — 1 *g*, 1 *e*.		*Lactoris fernandeziana* (Ile Juan-Fernandez), arbuste .
ANNONACÉES — 80 *g*, 1 000 *e*. — Voir p. 108.	Annonoidées.	*Annona* : 60 *e* (Am T) ; *A. squamosa* ; *A. muricata* ; *etc.* comestibles ou textiles. *Uvaria* : 100 *e* (T'). *Cananga* : (IM) ; *C. odorata* fournit l' « essence de Macassar » ou *ylang-ylang*.
	Monodoroidées.	*Monodora* : 7 *e* ; *M. myristica* (AfW) : sa graine s'emploie comme la Noix de Muscade.
EUPOMATIACÉES — 1 *g*, 2 *e*		*Eupomatia* (Au) ; *E. bennetii*.
LAURACÉES — 40 *g*, 1 000 *e*. — Voir p. 108.	Perseoidées.	*Persea* : 10 *e* (Am et As T) ; *P. gratissima* (Avocatier). *Cinnamonum* : 100 *e* (As, Au); *C. camphora* (Camphrier) (Chine, Japon) ; *C. cassia* (essence de Cannelle) ; *C. zeylandicum* (Cannelle de Ceylan). *Phoebe* : 50 *e* (IT). *Ocotea* : 250 *e* (IT). *Nectandra* : 100 *e* (Am). *Sassafras* : 1 *e* (Brésil).
	Lauroidées.	*Laurus* (Laurier) ; 2 *e*. *Cryptocarya* : 40 *e* (IM, Am). *Cassytha* : 16 *e* (T).
MYRISTICACÉES — 1 ou plus. *g*, 300 *e*. — Id.		*Myristica* : 100 *e*; *M. fragrans* donne la « noix de Muscade » et le « beurre de Muscade ». *Virola* : 30 *e* (AmS et IT).
HERNANDIACÉES — 4 *g*, 20-30 *e*. — Arbres, arbustes.		*Hernandia*.
GOMORTEGACÉES — 1 *g*, 1 *e*.		*Gomortega nitida* (Chili).
MONIMIACÉES — 30 *g*, 400 *e*. — Voir p. 108.		*Peumus* : 1 *e*; *P. boldo* (Chili).

suite à la page suivante

27. Lignée V - Phylum n° 12 - 1° Ordre des Polyçarpiques. *(suite et fin)*

FAMILLES	SOUS-FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
AUSTROBAILEYACÉES — 2 *e.*		Asie du S E et Queensland.
MENISPERMACÉES — 70 *g*, 400 *e.* — Voir p. 108.		*Menispermum :* 2 *e* (As, Am N). *Cissampelos :* 25 *e. Abuta :* 30 *e* (Am S et T). *Jatrorrhiza :* 2 *e* (Af T). *Anamirta cocculus* (IM).
LARDIZABALACÉES — 7 *g,* 20 *e.* — Lianes ligneuses (A , Chili).		*Lardizabala :* 1-2 *e* (Chili). *Akebia :* 2 *e* (A).
SARGENTADOXACÉES — 1 *g,* 1 *e.*		*Sargentadoxa cuneata* (Chine).
BERBERIDACÉES — 10-12 *g*, 200 *e.* — Voir p. 108.		*Berberis* (Épine-Vinette) : 200 *e* (HN et Andes). *Podophyllum :* 5 e (Am N, A). *Hydrastis :* 2 *e* (Japon, Am N). *Mahonia :* 40 *e* (HN).
RENONCULACÉES — 40 *g,* 1500 *e.* — Id.	**Anemoidées.**	*Anemone :* 100 *e* (régions tempérées) ; *A. pulsatilla ; A. nemorosa* (Sylvie) ; *A. japonica ; A. coronaria.* etc. *Laccopetalum* (Pérou).
	Clematitoidées.	*Clematis* (Clématite) : 200 *e* (HN), beaucoup de lianes ; *C. alpina* (liane subalpine) ; *C. viticella* (cultivée)
	Ranunculoidées.	*Ranunculus* (Renoncule) : 300 *e* (HN) : *R. asiaticus* (horticole) ; *R. auricomus* (arctique) ; *R. sect. batiachyum* (aquatique). *Ficaria* (Ficaire), plusieurs *e* (Eurasie). *Adonis :* 20 *e.*
	Helleboroidées.	*Helloborus* (Hellébore) : 15 *e* (Eu, M) : *H. niger* (Rose de Noël). *Caltha :* 20 *e. Trollius ;* 20 *e. Nigella :* 25 *e* (M). *Aquilegia* (Ancolie) : 70 *e* (HN). *Delphinium* (Pied d'Alouette) : 200 *e* (HN). *Aconitum* (Aconit) : 70 *e* (HN) ; alcoloïdes nombreux.
	Thalictroidées.	*Thalictrum :* 100 *e* (HN).
CIRCAEASTRACÉES — 1 *g,* 1 *e.*		*Circaeaster agrestis* (Himalaya - Chine).
CABOMBACÉES — 2 *g,* 6 *e.*		*Cabomba* (Am, IT). *Brasenia :* 1 *e* (disjointe).
NYMPHAEACÉES — 8 *g,* 100 *e.* — Voir p. 108.	**Nelumboidées.**	*Nelumbo :* 2 *e ; N. lutea* (Am N) ; *N. speciosa* (A) ; graines et rhizomes comestibles.
	Nymphaeoidées.	*Nuphar :* 7 *e* (HN). *Nymphaea :* 30-40 *e* (zones chaudes et tempérées). *Euryale :* 1 *e ; E. ferox* (A). *Victoria :* 2 *e* (Amazone).
CERATOPHYLLACÉES — 1 *g,* 3 *e.*		*Ceratophyllum* (herbes submergées).
HIMANTANDRACÉES	Petites familles isolées plus ou moins intermédiaires entre les Polycarpiques et d'autres groupes.	1 *g,* 2 *e* (Au, Nouvelle-Guinée, Moluques).
TETRACENTRACÉES		1 *g,* 1 *e: Tetracentron sinense,* arbre de Chine.
TROCHODENDRACÉES		1 *g,* 1 *e: Trochodendron aralioides* (Japon).
CANELLACÉES		5 *g,* (Am C et S, Af, Madagascar) : arbres ou arbustes. *Canellea :* 2 *e* (Am C) ; *C. alba* donne l'écorce de Canelle blanche. *Cinnamodendron*
CALYCANTHACÉES		2 *g,* 8 *e; Calycanthus* (Am N) et *Chimonanthus* (Chine); arbustes d'ornement.
EUPTELEACÉES		1 *g,* 5 *e* (A orientale) : *Euptela* (arbre).
CERCIDIPHYLLACÉES		1 *g,* 2 *e* (Chine, Japon) : *Cercidiphyllum.*

28. Lignée V - Phylum n° 12 - 2° Ordre des Aristolochiales.

	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
	ARISTOLOCHIACÉES — 6 *g*, 400 *e*. — Voir p. 109.	*Aristolochia* : 300 *e* (régions chaudes et tempérées) ; *A. serpentaria:* serpentaire vraie (rhizome officinal); nombreuses espèces décoratives. *Asarum* : 60 *e* (HN) ; *A. europaeum* (rhizome officinal).
	RAFFLESIACÉES — 8 *g*, 55 *e* — id.	*Rafflesia* : 12 *e* (Insulinde) ; *R. arnoldi.* *Apodanthes* : 3 *e* (Brésil). *Cytinus* : (M. Cap, Madagascar) ; *Mitrastemon* (As).
	HYDNORACÉES — 2 *g*, 18 *e* — Plantes parasites des racines	*Hydnora* : 12 *e* (Af.T). *Prosopanche* : 6 *e* (Argentine, Paraguay).

29. Lignée V - Phylum n° 13 : les Hélobiées (Monocotylédones).

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
ALISMATALES — Herbacées. — Voir p. 118.	**BUTOMACÉES** — 6 *g*, 9 *e*. — Voir p. 118.	*Butonus* (HN) ; *Ostenia* (seul *g* de HS). *Butonus umbellatus* (Jonc fleuri), en France. *Limnocharis, Elatosis, Hydrocleis.*
	HYDROCHARITACÉES — 15 *g*, 100 *e*. — Id.	*Halophila* : 5 *e* (océan Indien). *Vallisneria* : 2 *e*. *Helodea* : 8 *e*; *H. canadensis* (Peste d'eau) ; *Hydrilla* (V) ; etc.
	ALISMATACÉES — 13 *g*, 90 *e*. — Id.	*Alisma* (Plantain d'eau) : 6 *e* (3 *e* en F.) *Elisma, Damasonium, Echinodorus, Sagittaria* (Sagittaire) : 30 *e* (surtout Am).
	JUNCAGINACÉES — 4 *g*, 15 *e*. — Id.	*Tetroncnium, Triglochin* (Trocart) : 12 *e*.
	SCHEUCHZERIACÉES — 1 *g*, 1 *e*. — Id.	*Scheuchzeria palustris* (HN, zones froides).
	APONOGETONACÉES — 1 *g*, 40 *e*. — Id.	*Aponogeton* (V).
POTAMOGÉTONALES — Herbes aquatiques. — Voir p. 118.	**POTAMOGETONACÉES** — 1 *g*, 100 *e*.	*Potamogeton* : en F, 22 *e*.
	RUPPIACÉES — 1 *g*, 1 *e*.	*Ruppia maritima* (eaux saumâtres et salées).
	LILAEACÉES — 1 *g*, 1 *e*.	*Lilaea subulata* (marais, Am).
	ZOSTERACÉES — 2 *g*, 8 *e*.	*Zostera* (surtout HN). *Phyllospadix* (Am).
	POSIDONIACÉES — 1 *g*, 2 *e*.	*Posidonia* (côtes de M ; côtes atlantiques).
	ZANNICHELLIACÉES — 4-9 *g*, 15 *e*.	*Zannichellia, Cymodocea, C. nodosa* (France).
	NAJADACÉES — 1 *g*, 40 *e*.	*Najas.*
Ordre annexe. ***TRIURIDALES*** (Position incertaine.)	**TRIURIDACÉES** — 7 *g*, 80 *e*.	*Sciaphila* (IT).

30. Lignée V - Phylum n° 14 : Pipérales (Dicotylédones) et 4 ordres de Spadiciflores (fleurs en épi enveloppé dans une bractée appelée *Spathe*), qui sont des Monocotylédones.

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
PIPÉRALES — Dicotylédones (les seules du phylum). — Voir p. 109.	**PIPÉRACÉES** — 15 *g*, 1300 *e* (T). — Plantes herbacées, arbustes ou lianes, rarement arbres.	*Piper* : 800 *e* (IT) ; *P. nigrum* (Poivre noir, IM) ; *P. angustifolium* (Matico, Am S) ; *P. guineense* (Poivre d'Aschanti, Af occidentale) ; *P. longum* (Poivre long, IM) ; *P. betle* (Poivre betel, IM) ; *P. cubeba* (Cubèbe, IM). L'essence contenue dans le fruit de *Piper* est la *pipérine*. *Piper methysticum* (*Kawa*, Polynésie), ne contient pas de pipérine, mais des alcaloïdes (enivrants). *Peperomia* : 500 *e* (IT).
	SAURURACÉES — 3 *g*, quelques *e* (A ., Am N.). — Plantes herbacées.	*Houttuynia* (As) ; *Anemiopsis* (Californie).
	CHLORANTHACÉES — 5 *g*, 20-25 *e*. — Herbes, arbustes ou arbres.	*Chloranthus* (As) ; *Sarcandra* ; *Ascarinopsis* (Madagascar).
ARALES — Herbes ou lianes. — Voir p. 119.	**ARACÉES** — 100 *g*, 1500 *e*.	**1° Sous-famille des Pothoidées.** *Pothos* : 40 *e* (Malaisie) ; *Anthurium* : 200 *e* (T) ; *Acorus* : 2 *e*, *A. calamus* (F). **2° Sous-famille des Monsteroidées.** *Monstera* : 20 *e* (Am T) ; *M. deliciosa* est comestible. **3° Sous-famille des Calloidées.** *Calla* (1 *e*, HN), *C. palustris*. **4° Sous-famille des Lasioidées.** *Lasia* (2 *e*, IM). *Dracontium* (10 *e*, Am T). **5° Sous-famille des Philodendroidées.** *Philodendron* : 100 *e* (Am T), ornementales. **6° Sous-famille des Colocasioidées.** *Colocasia* : 10 *e* (Indochine), ornementales. **7° Sous-famille des Aroidées.** *Arum* : 15-20 *e* (M). *Cryptocoryne* : 20 *e* (Malaisie). **8° Sous-famille des Pistioidées.** *Pistia* (IT).
	LEMNACÉES — 4 *g*, 20-30 *e*.	*Lemna* ; *Spirodela* ; *Wolfia* dont l'espèce *W. arrhiza* est la plus petite plante vasculaire du monde (dimensions maximales : longueur : 1,5 mm, largeur : 1,09 mm, hauteur : 1,27 mm.).
PANDANALES — Plantes ligneuses et aquatiques. — Voir p. 120.	**PANDANACÉES** — 3 *g*, 300 *e* (V, IT). — Arbres (30 m), arbustes ou lianes.	*Pandanus* : 150 *e*. *Freycinetia* : 60 *e*. *Saranga* : 1 *e*.
	SPARGIANACÉES — 1 *g*, 20 *e*. — Plantes aquatiques.	*Sparganium*. En France : 4 *e*.
	TYPHACÉES — 1 *g*, 15 *e*. — Plantes aquatiques.	*Typha*, *T. minima* : féculent alimentaire (Chine).
PALMALES — Plantes à port typique (tronc de palmier). — Voir p. 120.	**PALMACÉES** — 200 *g*, 4000 *e*.	**1° Sous-famille des Coryphoidées.** *Phoenix* : 20 *e*, dont *Ph. dactylifera* (Dattier). *Chamaerops* : 1 *e*, *Ch. humilis* (M, Af N). *Trachycarpus excelsa* (→ crin du Japon). *Sabal* : 30 e. *Corypha* : 10 *e* (IM), donnent des *sagous*. *Copernicia* : 20 *e* (AmC et S). *Erythea*, *Pritchardia* **2° Sous-famille des Borassoidées.** *Hyphaene* : 30 *e* (Af, autour de l'océan Indien). *Borassus* (Ronier) : 10 *e* (V) ; Fossile. *Lodoicea* (Seychelles) : très gros fruits. **3° Sous-famille des Ceroxyloidées.** *Arenga* (IM) ; *Geonoma* (Am) ; *Ceroxylon* : 20 *e* (Am IT) ; *Chamaedorea* (Am IT) ; *Areca* : 50 *e* (Inde, Insulinde) ; *A. catechu* (Noix d'Arec, à 4 alcaloïdes). *Elaeis* : 2 *e* (Am, Af) ; *E. guineensis* (Palmier à huile). *Cocos* : 1 *e*, *Cocos nucifera* (Cocotier), originaire d'IM. L'albumen de la noix de Coco contient le *coprah* (partie externe de l'albumen, riche en huile) et le *lait de Coco* (au centre, sirupeux). *Jubaea*. *Orbignya* : 20 *e* (Am C), etc. **4° Sous-famille des Lepidocaryoidées.** *Raphia* : 30 *e* (Af, Am). *Calamus* (V). *Daemonorops* (IM) ; *D. draco* → Sang-Dragon (gomme résine contenue dans le fruit). *Metroxylon* : Palmier à sagou.
	PHYTELEPHASIACÉES — 4 *g*.	*Phytelephas* (Am T).
	NIPACÉES — 1 *g*, 1 *e*.	*Nipa fructicans* (IM : Mangrove).
CYCLANTHALES — Ressemblent aux Palmales.	**CYCLANTHACÉES** — 8 *g*, 50-100 *e*. (Am, IT). — Grandes herbes, lianes ou arbustes.	*Cyclanthus*. *Carludovica*.

31. Lignée V - Phylum n° 15 : les Liliiflores (Monocotylédones).

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
COMMELINALES — Plantes généralement herbacées. — Voir p. 121.	**COMMELINACÉES** — 37 *g,* 600 *e* (IT).	*Commelina* (*C. rupicola* au Maroc). *Tradescentia.* *Cyanotis.* Rhizomes parfois comestibles ; plantes ornementales.
	MAYACACÉES — 1 *g,* 11 *e.*	*Mayaca* (Am ; 1 *e* en Angola).
	XYRIDACÉES — 2 *g,* 200 *e* (IT).	*Abolboda* (10 *e,* Am). *Xyris.*
	ERIOCAULACÉES — 9 *g,* 600 *e.*	*Eriocaulon* ; 1 *e,* écossaise : *E. septangulare.*
	CENTROLEPIDACÉES — 7 *g.* 30-40 *e* (HS).	*Centrolepis. Gaimardia.*
	RESTIONACÉES — 30 *g,* 250 *e.*	*Hypolaena.*
GRAMINALES — Herbes ; ce sont des végétaux à *chaume,* dont les fleurs, très petites, forment des épillets. — Voir p. 121. — Famille unique.	**GRAMINÉES** — 450 *g,* 6000 *e.* — (En France : 77 *g.* 350 *e*)	**1° Sous-famille des Bambusoidées : 40 *g,* 500 *e* (IT).** Groupe considéré comme primitif, dont pourraient être issues les deux autres sous-familles. Epillets à plusieurs fleurs. Fruit : caryopse, baie ou noix. *Bambusa : B. arundinacea, etc.* (Bambous). *Phyllostachys. Arundinaria. Melocanna.*
		2° Sous-famille des Festucoidées : 150 *g,* 2000 *e* (surtout HN). Première feuille verte, longue, dressée verticalement, étroite ; Epillets articulés. Fruit : caryopse. Grains d'amidon simples ou composés, levulosides. ***a) Hordées : Inflorescences en épi bilatéral.*** *Lolium* (Ivraie) : 6 *e* (existent toutes en France) ; *L. temulentum :* Ivraie vraie (caryopse toxique) ; *L. perenne :* Ivraie vivace. *Secale* (Seigle) : 4 *e* (V, régions tempérées) ; *S. cereale :* Seigle cultivé. *Triticum* (Blé) : 40 *e* (M) ; en France : 5 *e ; T. sativum* (Asie du S. O.) : sensible aux maladies parasitaires, comme *T. vulgare* (Froment), *T. spelta* (Epeautre), *T. compactum.* *T. dicoccum* (Amidonnier, Asie du S. O.) : moins sensible aux maladies parasitaires, comme *T. durum* (Blé dur), *T. turgidum* (Gros Blé, Pétanielle), *T. polonicum.* La souche sauvage de *T. dicoccum* est *T. dicoccoides* (Syrie, Nord de la Perse). *T. monococcum* (Engrains) est très résistant. *Hordeum* (Orge) : 20 *e. H. murinum* (Orge des Souris) est une mauvaise herbe ; *H. distichum* (Orge en éventail, cultivée) ; *H. vulgare* (cultivée). La souche sauvage des orges cultivées serait *H. agriocrithon* (Tibet). ***b) Avenées : Inflorescences en panicules plus ou moins condensés ; épillets ne dépassant pas les glumes.*** *Avena* (Avoine) : 60 *e ; A. Sativa,* Avoine cultivée ; *Arrhenatherum* (fourragère) ; *Trisetum ; Holcus.* ***c) Festucées : épillets dépassant les glumes.*** *Poa* (Paturin) : 250 *e. Dactylis glomerata* (nombreuses races). *Festuca* (Fétuque) : 250 *e. Bromus* (Brome) : plus de 100 *e ; B. tectorum* est une mauvaise herbe américaine. ***d) Agrostidées : Epillets 1-flores.*** *Stipa :* plus de 100 *e ; S. tenacissima* (Alfa) en Af N, matière première dans l'industrie du papier. *Phleum* (Fléole). *Agrostis* (100 *e*). ***e) Phalaridées.*** *Phalaris :* 12 *e* (M); *Ph. canariensis* (Alpiste). *Anthoxanthum* (Flouve) : 9 *e.*
		3° Sous-famille des Panicoidées : 250 *g,* plus de 3500 *e.* Première feuille verte, large, ovale, déjetée vers l'extérieur. Pas de lévulosides (en général). 2 grands groupes. **A - Eu - Panicoidées (160 *g,* 2500 *e*) ; 9 tribus.** ***a) Panicées et Mélinidées.*** *Panicum :* plus de 500 *e ; P. miliaecum* est le Millet commun (Inde), cultivé dans toutes les zones chaudes. *Pennisetum :* 150 *e* (zones chaudes). *Setaria* (Sétaire) : 100 *e ; S. italica :* céréale connue des hommes préhistoriques. ***b) Andropogonées.*** *Andropogon :* 200 *e* (régions tempérées et chaudes) ; *A. sorghum :* Sorgho ; *A. martini* → essence à *géraniol ; A. nardus* → essence de citronnelle, etc. *Saccharum :* 6 *e, S. officinarum* est la Canne à sucre (sans doute originaire d'Asie). ***c) Maydées.*** *Zea* (Maïs) : 1 *e, Z. mays* (originaire d'Amazonie ou d'Asie). ***d) Arundinellées.*** *Uniola* (Am). *Aristida* (100 *e*).

suite à la page suivante

31. Lignée V - Phylum n° 15 - les Liliiflores (Monocotylédones). *(suite)*

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
GRAMINALES	**GRAMINÉES**	***e) Danthoniées.*** *Danthonia*, 100 *e*. ***f) Centothéciées.*** ***g) Arundinées.*** *Arundo* (6 *e*) : *A. donax*, Canne de Provence. *Phragmites* (Roseau) : 3 *e*. **B - Chloridoidées : 100 *g*, 1000 *e*; 5 tribus.** ***a) Zoysiées.*** *Tragus* (M, T). ***b) Chloridées.*** *Cynodon* (Chiendent) : 4 *e*, *C. dactylon* (F) est l'Asparagine. *Eleusine* (V). ***c) Eragrostidées + Pappophorées.*** *Eragrostis* : 200 e. *Molinia* (1 e). *Pappophorum* : 30 *e* (IT). ***d) Sporobolées.*** *Sporobolus* : 100 *e*. **C - Tribu isolée : les Oryzées.** *Leptaspis*; *L. cochleata* (Af T). *Pharus* (Am T). *Oryza* (Riz) : régions chaudes du globe; *O. sativa* est spontanée en Annam, Cambodge, Cochinchine; elle est la souche des Riz cultivés sous le nom d'*Oryza sativa*. Le grain de Riz enveloppé de glumelles constitue le *paddy*. *Leersia* : 10 e. En F. *L. oryzoides*. *Streptochaeta* : 1 *e* (Brésil).
JUNCALES — En général plantes herbacées, à feuilles linéaires engainantes. — Voir p. 122.	**JUNCACÉES** — 10 *g*, 500 *e*.	*Prionium* (1 *e*, Le Cap). *Juncus* (Jonc) : 300 *e*. *Luzula* (100 *e*).
	FLAGELLARIACÉES — 3 *g*, 10 *e* (V, T).	*Flagellaria*. *Joinvillea*.
	RAPATEACÉES — 10 *g*, 25 *e*.	*Apartea* (Gabon); espèces d'Am T, etc.
	THURNIACÉES — 1 *g*, 2 *e*.	*Thurnia* (Amazonie).
CYPERALES — En général herbacées. — Voir p. 122. — Famille unique.	**CYPERACÉES** — 75 *g*, 4000 *e*.	**1° Sous-famille des Rynchosporoidées.** *Cladium* : 45 e. *Rynchospora* : 200 e. *Schoenus* :70 e. **2° Sous-famille des Scirpoidées.** *Eriophorum* (Linaigrette) : 13 *e* (HN). *Scirpus* : 250 *e*; *S. lacustris* est le Jonc des chaisiers. **3° Sous-famille des Cyperoidées.** *Cyperus* : 500 *e*; *C. esculentus* a des tubercules comestibles; *C. papyrus* (Af) fournissait le *papyrus* des peuples de l'Antiquité. **4° Sous-famille des Hypolytroidées.** *Hypolytrum* (IT). **5° Sous-famille des Scleroidées.** *Scleria* : plus de 100 *e* (T, IT, Am N). **6° Sous-famille des Cryptangioidées.** *Cryptangium* (Am T). **7° Sous-famille des Caricoidées.** *Carex* (1500 *e*); *C. pyrenaica*; *C. curvula* (hautes montagnes).
BROMELIALES — Voir p. 122.	**BROMELIACÉES** — 60 *g*, 2000 *e* (Am. T.).	*Pitcairna* : 200 e. *Tillandsia* : 200 e; *T. unseoides* → crin végétal. *Ananas*; *A. sativus* (Am) est l'Ananas cultivé.
PONTEDERIALES — Voir p. 122. — Herbes aquatiques.	**PONTEDERIACÉES** — 6 *g*, 20-30 *e*.	*Pontederia* : 3 e. *Eichhornia* : 5 e (zones chaudes du globe sauf Europe).

suite à la page suivante

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
LILIALES — Voir p. 125. — 10 familles.	**LILIACÉES** — 250 *g*, 4000 *e*. — En F 26 *g*, 131 *e*. — Plantes généralement herbacées, à bulbes ou rhizomes. — 10 sous-familles.	**1° Sous-famille des Melanthoidées.** *Toffieldia :* 20 *e* (HN). *Narthecium :* 4 *e* (HN) ; *N. reverchoni* endémique en Corse. *Veratrum* (Varaire) : 50-60 *e* (HN) ; *V. album :* toxique (alcaloïdes). *Colchicum* (Colchique) : 70 *e* (M surtout) *C. autumnale* (Colchique commun) : graine toxique → *colchicine* (alcaloïde). *Gloriosa :* 5-10 *e* (Af T, As) ; ornementales. **2° Sous-famille des Herrerioidées.** Tubercules : lianes herbacées. *Herreria :* 10 *e* (Am S). **3° Sous-famille des Asphodeloidées.** *Asphodelus* (Asphodèle) : 20 *e* (M). *Paradisia :* 1 *e* alpine. *Bowiea :* 1 *e* (Le Cap) ; *B. volubilis* (liane herbacée). *Hemerocallis* (Hémérocalle) : 10 *e* (Eu, As). *Alce* (Aloès) : Af sèche, Madagascar, Arabie. Le suc de certaines espèces (*A. ferox, A. africana,* etc.) donne l'*Aloès médicinal* (résine purgative). **4° Sous-famille des Allioidées.** *Allium* (Ail) : 350 *e* (HN) ; en France : 38 *e*; *A. sativum :* Ail commun ; *A. scorodoprasum :* Rocambole (Ail rouge) ; *A. ampeloprasum* (Poireau) ; *A. poreum* (Poireau) ; *A. ascalonicum* (Echalotte) ; *A. cepa* (Oignon) ; *A. fistulosum* (Ciboule) ; *A. Schoenoprasum* (Ciboulette) ; etc. *Brodiaea :* 50 *e* (Am). *Gilliesia :* 4 *e* (Chili). **5° Sous-famille des Lilioidées.** *Lilium* (Lis) : 100 *e* (HN); *L. candidum* :(Lis blanc ; *L. bulbiferum* (F) ; *L. martagon*. Plante décorative. *Fritillaria* (Fritillaire) : 60 *e* (HN). *Tulipa* (Tulipe) : 50-60 *e* (Eu). *Urginea :* 50-60 *e* (M, Af); *U. maritima :* Scille officinale (bulbe à alcaloïdes et saponine). *Scilla* (Scille) : 120 *e* (Eu, As, Af). *Ornithogalum* (Ornithogale) : 100 *e* (V). *Hyacinthus* (Jacinthe) : 40 *e* (M, Af); *H. orientalis* (M) est la souche des jacinthes cultivées. *Muscari* (M). *Massonia* (Af S). **6° Sous-famille des Dracaenoidées.** *Yucca :* 30-40 *e* (Am). *Dracaena* (Dracéna) : 40 *e* (V, régions chaudes) ; donne une résine rougeâtre connue sous le nom de Sang-Dragon. *Sansevieria :* 60 *e* (Af T, Inde). **7° Sous-famille des Asparagoidées (à rhizomes souterrains).** *Smilacina :* 20-30 *e* (As, Am). *Polygonatum :* 30 *e* (HN) ; *P. officinale* est le Sceau de Salomon. *Convallaria* (Muguet) : 1 *e*, *C. maialis* (HN). *Aspidistra :* 7 *e* (As). *Asparagus* (Asperge) : 300-400 *e* (V) ; *A. officinalis,* Asperge cultivée (les racines sont médicinales ; l' « asperge » est la jeune tige de la plante). *Ruscus* (Petit Houx) : 3 *e* (M). *Medeola :* 1 *e*, *M. virginiana* (Am N), ornementale. *Paris* (Parisette) : 20 *e* ; *P. quadrifolia* est toxique (glucoside). *Trillium :* 30 *e* (As, Am N). **8° Sous-famille des Aletroidées.** *Aletris :* 10 *e* (As, Am N). **9° Sous-famille des Luzuriagoidées.** *Luzuriaga. Lapageria.* **10° Sous-famille des Smilacoidées.** *Smilax* (Salsepareille) : 350 *e* (As, Am, M).
	AMARYLLIDACÉES — 90 *g*, 1500 *e*.	**1° Sous-famille des Amarylloidées (Plantes bulbeuses).** *Haemanthus :* 60 *e* (Af S). *Galanthus* (Perce-Neige) : 9 *e* (M) ; *G. nivalis.* *Leucoium* (Perce-neige) : 12 *e* (M). *Amaryllis :* 1 *e*, *A. belladonna* (Le Cap). *Crinum :* 150 *e* (IT, T). *Narcissus* (Narcisse) : 60 *e* (surtout M). **2° Sous-famille des Agavoidées.** *Agave* (Faux Aloès, Sisal, Agave) : 300 *e* (Am C). **3° Sous-famille des Hypoxydoidées.** *Hypoxis :* 100 *e* (IT). **4° Sous-famille des Campynematoidées.** 1 *g* : *Campynema.*
	HAEMODORACÉES — 9 *g*, 30 - 40 *e* — herbacées	*Agnigozanthus. Lopholia. Xiphidium.* Famille disjointe (Au., Af.S., Am.T., Am.N.)
	VELLOZIACÉES — 2 *g*, 200 *e* — Xérophytes.	*Vellozia. Barbacenia.*
	CYANASTRACÉES — 6 *g*, 12 *e* — herbacées bulbeuses — surtout Af. (IT).	*Cyanastrum.*

suite à la page suivante

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
LILIALES (suite)	**PHILYDRACÉES** — 3 *g*, quelques *e* (IM., Au.) — herbacées à rhizomes courts.	*Philydrum.*
	IRIDIACÉES — 60 *g*, 1500 *e* — herbacées à rhizomes ou bulbes.	**1° Sous-famille des Crocoidées (Fleurs solitaires).** *Crocus* (Safran) : 80 *e* (M.) ; *C. sativus* : Safran cultivé (le "safran" est constitué par les stigmates de la fleur). *Romulea :* 100 *e* (M.) *Sisyrinchium :* 100 *e* (Am.) **2° Sous-famille des Iridoidées (Fleurs en inflorescences).** *Iris :* 250 *e* (HN). Certains Iris sont officinaux. *Tigrida :* 12 - 15 *e* (Am. IT.) ; ornementales. **3° Sous-famille des Ixioidées (Inflorescences partielles à une seule fleur).** *Gladiolus* (Glaïeul) : 300 *e* (Af.). Nombreuses formes horticoles. *Freesia* : 2 *e* (Af.S.), ornementales.
	GEOSIRIDACÉES — 1 *g*, 1 *e*	*Geosiris asphylla :* saprophyte.
	ROXBURGHIACÉES — 3 *g*, 30 *e* (IT). — Herbacées à rhizomes ; lianes.	*Roxburghia* (surtout IM et Asie du S. E.).
	PETERMANNIACÉES — 1 *g*, 1 *e*.	*Petermannia cirrhosa* (Au).
DIOSCOREALES — Herbacées ou lianes. — Voir p. 125.	**DIOSCOREACÉES** — 10 *g*, 700 *e* (surtout IT). — Herbacées ou lianes.	*Borderea :* 3 *e*. *Dioscorea :* plus de 300 *e* ; *D. batatas* est l'Igname (légume ; en Chine). *Testudinaria. Tamus :* 2-4 *e* ; *T. communis* est l'*Herbe aux femmes battues* (M.). *Avetra* (Madagascar).
	TACCACÉES — 2 *g*, 40 *e*. — Herbacées à tubercules.	*Tacca* (A) ; *T. pinnatifida* → sagou (*Arrow-root* de Tahiti).
SCITAMINALES — Voir p. 125.	**MUSACÉES** — 1 *g*, 80 *e*. — Plantes de grande taille .	*Musa* (Bananier) : *M. paradisiaca* (sauvage en IM ; cultivé aux Antilles et au Cameroun) ; *M. sapientum* ; *M. nana* (Canaries) ; *M. balbisiana.*
	STRELITZIACÉES — 3 *g*, 66 *e*.	*Strelitzia. Heliconia. Ravenala* (Arbre des voyageurs).
	LOWIACÉES — 1 *g*, 3 *e*. — Herbacées.	*Lowia* (Malaisie).
	ZINGIBERACÉES — 50 *g*, 1500 e. — Plantes donnant notamment des matières colorantes et des condiments.	**1° Sous-famille des Zingiberoidées (aromatiques).** Hedychiées : *Hedychium* (150 *e*). *Kaempfera* (40 *e*). *Curcuma* (40 *e*). Globbées : *Globba* (100 *e*, As T). Zingibérées : *Zingiber* (Gingembre), 100 *e* (As T). *Alpinia* (250 *e*, V). *Amomum* (100 *e*). **2° Sous-famille des Costoidées (non aromatiques).** *Costus :* 150 *e* (Am, Af).
	CANNACÉES — 1 *g*, 50-60 *e* (Am. T., et S.). — Herbacées, à rhizomes.	*Canna : C. iridiflora, C. liliiflora, C. flaccida, etc.*
	MARANTACÉES — 12 *g*, 400 *e*. — Herbacées à rhizomes.	*Maranta :* 30 *e* (Am T) ; *M. arundinacea* → *arrow-root.* *Calathea :* 150 *e* (Am, Af T.)
BURMANNIALES — Herbacées, souvent saprophytes — Feuilles réduites, sans stipules. — Voir p. 126.	**BURMANNIACÉES** — 10 *g*, 100 *e* (Am, IT surtout). — Plantes saprophytes ou autotrophes ; délicates.	*Burmannia : B. bifaria, etc.*
	THISMIACÉES — 10 *g*, 2 *e* (IT).	*Thismia : Th. neptunis, etc.* *Bagnisia.*
	CORSIACÉES — 2 *g*, quelques *e*.	*Corsia* (Nouvelle-Guinée). *Arachnites* (Chili).
ORCHIDALES	**APOSTASIACÉES** — 3 *g*, 25 *e* (IM). — Herbes à rhizomes courts.	*Apostasia. Neuwiedia.*
	ORCHIDACÉES (Orchidées). — 500 *g*, 20000 *e*. — Herbacées. — Voir p. 126.	**1° Sous-famille des Diandrées (2 étamines fertiles).** Tribu unique : les Cypripedinées ; genre principal : *Cypripedium :* 40 *e* (HN tempéré) ; *C. calceolus :* Sabot de Vénus (montagnes d'Europe centrale).

suite à la page suivante

31. Lignée V - Phylum nº 15 : les Liliiflores (Monocotylédones). *(suite et fin)*

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
ORCHIDALES (suite)	**ORCHIDACÉES** (suite)	**2° Sous-famille des Monandrées (1 étamine fertile).** 56 tribus, dont nous ne citerons que les plus communes sous nos latitudes. ***a) Ophrydées.*** *Ophrys* (50 *e*, M). *Orchis* (100 *e*, M et Eurasie tempérée). *Serapias* (10 *e*, M). *Aceras* (2 *e*, M) : *A. anthropophorum* (Orchis homme-pendu) et *A. longibracteatum*. *Himantoglossum* (7 *e*, M) : *H. hircinum* (Orchis-bouc). *Anacamptis* (1 *e*, Eu). *Chamaeorchis* (1 *e*). *Herminium* (6 *e*, Eu). *Nigritella*. *Platanthera* (50 *e*). ***b) Neottiées.*** *Cephalanthera* (10 *e*, HN). *Epipactis* (10 *e*, HN). *Limodorum* (2 *e*, M et Eu) : *L. abortivum* (Algérie, Maroc) et *L. trabutianum* (Eu) ; *Spiranthes* (200 *e*, HN et IT). *Listera* (30 *e*, HN). *Neottia* (9 *e*). *Goodyera* (80 *e*). ***c) Liparidées.*** *Malaxis* (200 *e*, HN). *Liparis* (300 *e*). *Collarhiza* (15 *e*). ***d) Autres genres principaux :*** *Vanilla* (Vanille) : (50 *e*, IT) ; *V. fragrans* ; *V. planifolia*. *Bulbophyllum* (IT). *Pleurothalis* (Am IT). *Pterostylis* (Au), etc.

32. Lignée V - Phylum nº 16 - Important phylum de Dicotylédones, groupant 5 ordres et un nombre très important de familles, dont celles des Composées.

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
PARIETALES — Voir p. 109.	**DILLENIACÉES** — 10 *g*, 300 *e* (surtout Au, Am T).	*Tetracera*. *Doliocarpus*. *Hibbertia*. *Dillenia* (fleurs énormes : 20 cm de diamètre). *Pachynema*.
	ACTINIDIACÉES — 1 *g*, 20-25 *e* (As).	*Actinidia*.
	SAURAUJACÉES — 2 *g*, 300 *e*.	*Saurauja* (As, Am). *Clematoclethra* (Chine). Arbres ou arbustes.
	EUCRYPHIACÉES — 2 *g*, 6 *e*.	*Eucryphia* (Au, Tasmanie, Chili). *Paracryphia* (Nouvelle-Calédonie). Arbres résineux à grandes fleurs.
	MEDUSAGYNACÉES — 1 *g*, 1 *e* (Seychelles).	*Medusagyne* (arbuste à feuilles opposées).
	OCHNACÉES — 20 *g*, 400 *e* (IT). — Arbres, arbustes. Rarement herbes.	**5 sous-familles : Ourateoidées :** *(Ouratea, Ochna)*. **Lophiroidées :** *(Lophira)*. **Elvasioidées :** *(Elvasia)*. **Luxemburgioidées :** *(Luxemburgia, Wallacea, Sauvagesia, Lavradia)*. **Euthemidoidées :** *(Euthemis)*.
	STRASBURGERIACÉES — 1 *g*, 1 *e*, arborescente (Nouvelle-Calédonie).	*Strasburgeria calliantha*.
	CARYOCARACÉES — 2 *g*, 20 *e* (Am chaude).	*Caryocar*. *Anthodiscus*.
	MARCGRAVIACÉES — 10 *g*, 100 *e* (Am IT).	*Marcggravia*. *Norantea*. Arbustes grimpants, épiphytes.
	THEACÉES — 30 *g*, 500 *e*.	*Ternstroemia* (100 *e*). *Thea* (100 *e*) : *T. japonica* (Camélia); *T. sinensis* (Théier). *Gordona*. *Taonabo*. *Visnea*. *Eurya* (100 *e*).

suite à la page suivante

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
PARIETALES (suite)	**GUTTIFÈRES** — 40-50 *g,* 100 *e.*	**1° Sous-famille des Kielmeyeroidées :** *Kielmeyera :* 20 *e* (Brésil). *Caraipa :* 20 *e* (Brésil). *Baume de Caraipa.* **2° Sous-famille des Hypericoidées :** *Hypericum* (Millepertuis) : 300 *e* (zones chaudes et tempérées). *Vismia :* 50 *e* (Am et Af). *Haronga* (1 *e,* Af T, Madagascar). **3° Sous-famille des Endodesmioidées :** *Endodesmia* (1 *e,* Af). **4° Sous-famille des Calophylloidées :** *Calophyllum :* 100 *e* (VT). *C. calaba.* Baume de Calaba ; Bois de Roses, etc. *Mammea :* 2 *e* (Am, Af) ; fruits comestibles (abricots de Saint-Dominique). **5° Sous-famille des Clusioidées :** *Clusia :* 110 *e* (Am T) ; *C. rosea* (Figuier maudit) → Gommes résines (gommes-guttes). *Garcinia :* 200 *e* (Af T, As T) ; *G. mangostana ; G. hanburgi, etc.* → Gomme-gutte de Siam et de Ceylan. **6° Sous-famille des Moronoboidées :** *Pentadesma :* 4 *e* (Af) ; *P. butyracea* → Beurre de Lamy.
	DIPTEROCARPACÉES — 20 *g,* 400 *e.* — Arbres sociaux à feuilles alternes, stipulées.	**1° Sous-famille des Dipterocarpoidées (A). Canaux excréteurs :** *Dryobalanops :* 4 *e* (Sumatra, Bornéo) ; *D. aromatica → camphre de Bornéo.* *Dipterocarpus :* 100 *e. Shorea :* 90-100 *e* (Inde, Insulinde) *Sh. zelanica* → résine *(Dammar Selan).* *Vatica :* 50 *e.* **2° Sous-famille des Monotoidées. Pas de canaux excréteurs :** *Monotes :* 20-30 *e* (Af).
	FLACOURTIACÉES — 80-90 *g,* 900 *e.* — Arbres, arbustes ou lianes ; plantes tropicales.	Oncobées : *Oncoba* (30 *e,* Af T, Am C) ; *Caloncoba* (Af). Pangiées : *Pangium* (2 *e,* Insulinde) ; *Hydnocarpus* (30 *e,* Inde, Insulinde). Paropsiées : *Paropsia* (Af, As) ; *Ancistrothyrsus* (1 *e,* au Pérou). Abatiées : *Abatia* (6 *e,* Am T). Scolopiées : *Scolopia* (30 *e,* V) ; *Prockia* (10 *e,* Am T). Homaliées : *Homalium* (150 *e,* IT) ; *Dissomeria* (Af). Phyllobotryées : *Phyllobotryum* (Argentine, Af). Flacourtiées : *Flacourtia* (20 *e,* VT) ; fruits comestibles. Caseariées : *Casearia* (60 *e,* IT) ; *Samyda* (Am T). Bembiciées : *Bembicia* (Madagascar).
	DIONCOPHYLLACÉES — 3 *g,* 3 *e.* — Arbustes grimpants.	*Dioncophyllum.*
	VIOLACÉES — 16 *g,* 1000 *e.* — Régions chaudes du globe.	*Viola* (Violette, Pensée) : 500 *e ; V. tricolor ; V. lutea ; V. altaica ; V. arborescens* (M ; arbuste) ; *V. cornuta* (Pyrénées) ; *V. odorata ; V. palustris* (Tourbières). *Anchietea. Hybanthus* (80 *e,* dont *H. ipecacuanha* qui fournit l'Ipéca blanc ou faux Ipéca, officinal). *Rinorea* (300 *e,* IT).
	CISTACÉES — 8 *g,* 250-300 *e.* — Surtout pourtour de la Méditerranée.	*Cistus :* 20 *e* (M) ; *C. ladaniferus* → le laudanum. *Helianthemum* (200 *e*). *Fumana* (12 *e*). *Halimium* (20 *e*). *Crocanthemum* (25 *e,* Am N), etc.
	BIXACÉES — 1 *g,* 2 *e.*	*Bixa* (Am T) ; *B. orellana* → rouge d'Orléans.
	COCHLOSPERMACÉES — 3 *g,* 25 *e.*	
	TAMARIXACÉES — 4 *g,* 150 *e.*	*Tamarix* (130-140 *e,* M) ; *T. articulata* ((Tlaia, Sahara, Inde) → le *Takaout* (galle d'Insecte) ; *T. mannifera* → manne (matière sucrée). *Myricaria* (10 *e,* Eu, As). *Reaumuria* (15 *e,* As).
	FRANKENIACÉES — 4 *g,* 100 *e.* — Petits arbustes ou herbes.	Habitent les sols riches en matières minérales *Frankenia.*
	ELATINACÉES — 2 *g,* 50 *e.*	*Elatine, Bergia.*

suite à la page suivante

32. Lignée V - Phylum n° 16. *(suite)*

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
PARIETALES (suite)	**TURNERACÉES** — 6 *g*, 100 *e*. — Surtout herbacées, IT (Am, Af).	*Turnera* (60 *e*) ; *T. diffusa*, variété *aphrodisiaca* → Herbe de Damian (Mexique).
	MALESHERBIACÉES — 12 *g*, (Am S).	*Malesherbia. Gynopleura.*
	PASSIFLORACÉES — 12 *g*, 600 *e*, (surtout Af et Am).	*Passiflora* (Fleur de la Passion) : 400 *e ; P. edulis, P. foetida ; P. quadrangularis ; P. laurifolia ;* etc. *Adenia* : 100 *e* (VT).
	ACHARIACÉES — 3 *g* (Af S). Famille voisine de la précédente.	*Ceratiosicyos. Guthriea.*
	CARICACÉES (= PAPAYACÉES) — 3 *g*, 50 *e* (surtout Am T).	*Carica* (Papayer) : 45 *e ; C. papaya* (Mexique) → papaïne (enzyme) et fruits comestibles.
	STACHYURACÉES — 1 *g*, 6 *e* (As).	*Stachyurus* (arbustes ou petits arbres à feuilles alternes).
	LACISTEMACÉES — 1 *g*, 20 *e*, (Am IT).	*Lacistema* (arbustes ou petits arbres à feuilles alternes), se rapprochent des Flacourtiacées.
	LOASACÉES — 15 *g*, 200-300 *e* (Am). — En général herbacées.	*Loasa* (100 *e*). *Cajophora. Blumenbachia. Kissenia spathulatha :* seule *e* du Vieux Monde (Af).
	DATISCACÉES — 3 *g*, 4 *e*.	Arbres ou herbes (As, Am N, Mexique). *Datisca* (2 *e*).
	BEGONIACÉES — 5 *g*, 800-900 *e*. — Zones chaudes du globe (sauf Au).	*Begonia* (800 *e*) ; *Hildebrandia* (1 *e : H. sandwicensis*). *Begoniella* (Colombie). *Symbegonia*.
	DROSERACÉES — 4 *g*, 90 *e*.	*Drosera :* 85 *e*. *Drosophyllum, Dionaea. Aldrovandia.*
	ANCISTROCLADACÉES — 1 *g*, 12 *e*, (A T, Af).	*Ancistrocladus :* Lianes à vrilles.
	QUIINACÉES — 2 *g* (Am T). — Arbres, arbustes ou lianes.	*Quiina*.
	FOUQUIERACÉES — 1 *g*, 3-5 *e* (Mexique).	*Fouquiera* (arbres ou arbustes).
RHOEADALES — Herbacées. — Voir p. 110.	**PAPAVERACÉES** — 50 *g*, 800 *e*.	**1° Sous-famille des Papaveroidées :** *Papaver* (Pavot, Coquelicot) : 100 *e* (HN ; 1 *e* en Au) ; *P. rhoeas :* Coquelicot des champs ; *P. somniferum*, variété *album* → l'opium et ses alcaloïdes ; idem, variété *nigrum* → huile d'œillette. *Argemone* (Am T). *Glaucium* (20 *e*, M ; contient un alcaloïde : la glaucine). *Roemeria* (10 *e*, M). *Meconopsis* (50 *e*, HN). *Chelidonium* (Chélidoine) : 2 *e*, contient de la chélidonine et de la berbérine. *Sanguinaria* (1 *e*, Am N) : *S. canadensis* contient de la sanguinarine, alcaloïde. *Eschscholtzia :* 150 *e* (Am N).
		2° Sous-famille des Oceanopapaveroidées : *Oceanopapaver* (Nouvelle-Calédonie).
		3° Sous-famille des Hypecoumoidées : *Hypecoum* : 20 *e* (M).
		4° Sous-famille des Fumarioidées : *Dicentra* (Cœur de Jeannette) : 15 *e* (HN) ; contient de la dicentrine (alcaloïde). *Corydalis :* 300 *e* (HN), à alcaloïdes (corydaline). *Fumaria* (Fumeterre) : 150 *e* (M), dont *F. officinalis* (officinale).

suite à la page suivante

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
RHOEADALES (suite)	**TOVARIACÉES** — 1 *g*, 2 *e* (Am T). — Herbacées à feuilles non stipulées ; fleurs : 85 + 8 P + 8 E + 5-8 C.	*Tovaria.*
	CAPPARIDACÉES — 45 *g*, 800 *e*.	*Koeberlinia* (Mexique, Texas). *Cadaba* (25 *e*, Af, Inde). *Capparis* (Câprier) : 200 *e* (IT et M) → Siliques ou baies ; *C. spinosa* donne les câpres (condiment). *Cleome* : 100 *e* (surtout T). *Polanisia* : 50 *e* (IT).
	CRUCIFÈRES — 350 *g*, 4000 *e*. — Famille très cosmopolite, répandue surtout dans HN tempéré ; en France, 48 *g*, 200 *e*. — La classification adoptée est celle de Hayek-Emberger.	**1° Les Thelipodiées :** *Stanleya* (Am N). *Macropodium* (Altaï). **2° Arabidées :** Sisymbriées *(Sisymbrium,* 70 *e ; Alliaria,* 5 *e)* ; Erysimées *(Erysimum* 100 *e)* ; Cardamininées *(Barbarea,* 20 *e ; Nasturtium,* 70 *e*, avec *N. officinale* : Cresson officinal ; *Cardamine,* 100 *e)* ; Arabidinées *(Arabis,* 150 *e ; Aubrietia,* 10-20 *e)* ; Isatidinées *(Isatis,* 50 *e)* ; Buniadinées *(Bunias,* 5 *e)*. **3° Alyssées :** Hesperidinées *(Cheiranthus,* 10-20 *e ; Malcolmia,* 50 *e ; Matthiola,* 70 *e ; Anastatica hierochutica* est la Rose Jéricho) ; Brayinées *(Braya,* 10 *e)* ; Euclidinées *(Euclidium,* 1 *e)* ; Lunariinées *(Lunaria,* Monnaie-du-pape, 2 *e*) ; Alyssinées *(Alyssum,* 150 *e)* ; Drabinées *(Draba,* 200 *e ; Erophila* 1 *e, E. verna)*. **4° Brassicées :** Brassicinées *(Diplotaxis,* 50 *e ; Brassica* : Chou, Navet, 100 *e*, voir p. 110 ; *Sinapis,* 6 *e)* ; Raphaninées *(Morisia,* 1 *e ; Cossonia,* 2 *e ; Raphanus,* 15 *e*, dont *R. sativus*, le Radis cultivé ; *Cakil,* 6 *e ; Crambe,* 20-30 *e)* ; Vellinées *(Succovia,* 1 *e ; Vella,* 5 *e ; Moricandia,* 10 *e)*. **5° Lépidinées :** Lépidiinées *(Lepidium,* 100 *e* dont *L. sativum* Cresson alénois ; *Biscutella,* 20-30 *e)* ; Iberidinées *(Aethionema,* 70 *e ; Iberis,* 50 *e ; Hutchinsia,* 8 *e)* ; Thlaspidinées *(Cochlearia,* 20 *e ; Thlaspi,* 100 *e)* ; Capsellinées *(Capsella,* 10 *e ; Camelina,* 10 *e)*. **6° Schizopétalées :** Physariinées *(Lesquerella)* ; Stenopetalinées *(Stenopetalum)* ; Schizopetalinées *(Schizopetalum)*. **7° Heliophilées :** *Héliophila* : 100 *e*. **8° Cremolobées :** *Menonvillea ; Cremolobus,* 10-20 *e*. **9° Pringlées :** *Pringlea ; P. antiscorbutica* est le Chou des Kerguelen. **10° Chamirées :** *Chamira Cornuta.*
	RESEDACÉES — 6 *g*, 90 *e*. — Surtout M ; des îles Canaries à l'Asie centrale. — Herbacées ou arbustives ; Fl habituellement de type 5-6. Fruit : une capsule	*Reseda* : 80 *e* (M, Californie) ; *R. odorata* (horticole) ; *R. luteola* (contient une matière colorante, la lutéoline) ; *R. elata* (Maroc), buissonneux. *Astrocarpus,* 1 *e* (M). *Caylusea* (2 *e*, M et Af). *Oligomeris* (5 *e*). *Ochradenus* (2 *e*, M).
	MORINGACÉES — 1 *g*, 4-10 *e* (V).	*Moringa* (Arbres) ; *M. oleifera* (Inde) → une gomme et l'huile de Noix de Behen.
	BRETSCHNEIDERACÉES — 1 *g*, 1 *e*. — Arbres.	*Bretschneideria* (Chine).
CUCURBITALES — Voir p. 111.	**CUCURBITACÉES** — 100 *g*, 1000 *e*. — Herbacées, souvent à vrilles.	*Fevillea* : 10 *e* (Am T). *Zygosicyos* : 2 *e* (Madagascar). *Telfairia* : 2 *e* (Af). *Acanthosicyos* : 1 *e*, *A. horrida* (Af, SQ). *Luffa* : 7 *e* (IT). *Bryonia* (Bryone) : 8 *e* (M). *Ecballium* : 1 *e*, *E. elaterium* (M). *Citrullus* (Coloquinte) : 4 *e ; C. vulgaris* (Melon d'eau, Af S) et *C. colocynthis* (Coloquinte officinale, toxique ; Af, M). *Cucumis* : 30 *e* (zones chaudes) ; *C. melo* (Melon cultivé) ; *C. sativus* (Cornichon, Concombre). *Cucurbita* (Courge) : 10 *e* (Am T). *Sechium* (Am T) ; *Cyclanthera* : 40 *e* (Am).

suite à la page suivante

32. Lignée V - Phylum n° 16. *(suite)*

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
ERICALES — Voir p. 111.	**CLETHRACÉES** — 2 *g*, 30 *e* (As, Am T, Madère). — Petits arbustes ou arbres.	*Clethra; C. alnifolia* est ornemental. *Schizocardia.*
	PYROLACÉES — 10 *g*, 30-40 *e*. — Plantes à mycorhizes.	**1° Sous-famille des Pyroloidées :** *Pyrola :* 20 *e*. *Chimaphila :* 4 *e*. **2° Sous-famille des Monotropoidées :** *Monotropa :* 3 *e*.
	ERICACÉES — 70 *g*, 2000 *e*. — Plantes sociales à mycorhizes.	**1° Sous-famille des Rhododendroidées :** *Rhododendron :* 800 *e* (HN) ; nombreuses espèces ornementales. *Ledum :* 3 *e* (HN). *Bejaria* 1 *e*, Andes). *Phyllodoca :* 6 *e* (Am N). **2° Sous-famille des Arbutoidées :** *Arbutus :* 20 *e* (HN) ; *A. unedo* (Arbousier) : fruits comestibles ; *A. uva ursi* (Raisin d'Ours), officinale. *Andromeda :* 6 *e* (HN). *Cassiope,* espèces circumboréales. *Gaultheria :* 100 *e* (surtout As), les feuilles de *G. procumbens* → essence de Wintergreen. **3° Sous-famille des Ericoidées :** *Calluna* (Bruyère ordinaire, Callune) : 1 *e*, *C. vulgaris* (Eu). *Erica* (Bruyère vraie) : 800 *e* (Af, M) : *E. tetralix, E. cinerea, E. arborea* (Bruyère arborescente), etc. *Salaxis :* 100 *e* (Le Cap). **4° Sous-famille des Vaccinioidées :** *Vaccinium :* 150 *e* (surtout HN), *V. myrtillus* (Myrtille) a des fruits comestibles, *V. vitis idaea* (Myrtille rouge) aussi ; *V. oxycoccus,* ornementale. *Thibaudia.* 50 *e* (Am T, en montagne).
	EPACRIDACÉES — 23 *g*, 400 *e* (surtout Au). — Famille voisine de la précédente.	*Epacris. Lissanthe.*
	EMPETRACÉES — 3 *g*, 6 *e*. — Arbustes bas à feuilles linéaires.	*Empetrum :* 3 *e* (HN et Antarctique) : *E. hermaphroditum, E. nigrum* et *E. andinum.* *Corema. Ceratiola.*
	DIAPENSIACÉES — 6 *g*, 15 *e* (boréales). — Arbustes ou petites plantes herbacées.	*Diapensia :* 3 *e*. *Schizocodon. Shortia.*
SYNANTHERALES — Voir pp. 111-112 (pour les Composées).	**CAMPANULACÉES** — 50 *g*, 1000 *e*.	*Campanula* (Campanule) : 250 *e* (HN). *Legousia :* 10 *e* (HN). *Michauxia :* 6 *e* (Orient). *Phyteuma :* 40 *e* (Eu). *Roella :* 12 *e* (Am S). *Wahlenbergia :* 100 *e* (HS surtout).
	LOBELIACÉES — 12 *g*, 400-500 *e* (T et HS surtout) — Alcaloïdes (lobéline).	*Lobelia :* 300 *e* (hautes montagnes équatoriales ; espèces en « cierges »). *Centropogon :* 100 *e* (Am C et S).
	GOODENIACÉES — 10 *g*, 300 *e* (surtout Au).	*Goodenia. Scaevola* (poussent dans la Mangrove ; la moelle de certaines espèces → un papier dit *rice-paper).*
	BRUNONIACÉES — 1 *g*, 1 *e* (Au).	*Brunonia australis* (herbe).
	STYLIDIACÉES — 6 *g*, 150 *e*. — Plantes herbacées.	*Stylidium* (surtout Au). *Donatia :* 2 *e* (Am et Nouvelle-Zélande).
	COMPOSÉES — 1000 *g*, 20 000 *e*. — En France 111 *g*, 538 *e* — Voir p. 112.	**1° Sous-famille des Tubiflores :** **a) Vernoniées** *Vernonia :* 500 *e* (IT) ; contiennent des hétérosides (vernonioside) ; fruits de *V. anthelminthica,* vermifuges. **b) Eupatoriées** *Eupatorium :* 500 *e* (Am), hétérosides (stévioside). *Ageratum :* 30-40 *e* (Am). *Aedesia :* 2 *e* (Af).

suite à la page suivante

32. Lignée V - Phylum n° 16. *(suite et fin)*

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
SYNANTHERALES	**COMPOSÉES**	**c) Asterées** *Solidago* (Verge d'or) : 100 *e* (surtout Am N) ; en France : *S. virga-aurea. Grindelia :* 30 *e* (Am). *Aster :* 250 *e* (surtout Am). *Erigeron :* 200 *e* (surtout Am N). *Bellis* (Pâquerette) : 10 *e* (Eu, M) ; *B. coerulescens,* Pâquerette bleue du Maroc. *Baccharis :* 300-400 *e* (Am T). **d) Inulées** *Helichrysum (Immortelle) :* 400 *e. Antennaria* (Pied de Chat) : 15-20 *e* (HN). *Inula* (Aunée) : 100 *e* (Eu, As, Af). *Leontopodium :* 30 *e* (HN et Andes) ; *L. alpinum* est l'*Edelweiss* ou *Etoile des Alpes,* elle vit jusqu'à 5 400 m d'altitude. *Astericus :* 12-15 *e* (M) ; *A. pygmaeus* est la véritable *Rose de Jéricho.* **e) Helianthées** *Helianthus :* 60 *e* (Am N et C) ; *H. annuus* est le Soleil (grosses capitules : jusqu'à 20 000 fleurs) ; *H. tuberosus* est le *Topinambour* (rhizome comestible). *Dahlia* (Mexique). *Guizotia :* 5 *e* (Af T). *Bidens :* 200 *e. Zinnia* (Am N). *Espletia* (typique des hautes Andes). **f) Héléniées** *Tagetes :* 20-30 *e* (Am N) ; ornementales. *Gaillardia :* 12-20 *e* (Am), ornementales. **g) Anthémidées** *Anthemis :* 130 *e* (Eu et M) ; *A. nobilis :* Camomille romaine, contient notamment de *l'anthémol* (isomère du camphre). *Anacyclus :* 20 *e* (M). *Achillea :* 100 *e* (HN), *A. millefolium* est le Millefeuille. *Matricaria :* 60 *e* (M, Af, S), *M. Chamomilla* est la Camomille allemande (essences). *Chrysanthemum* (Chrysanthème, Marguerite) : 250 *e* (surtout M) ; *Ch. cinerariifolium* (Pyrèthre de Dalmatie, officinal) ; *Ch. indicum* (Chine, Japon) ; *Ch. frutescens* (Canaries) ; *Ch. leucanthemum* (Marguerite des prés). *Artemisia* (Armoise) : 250 *e* (HN) ; *A. dracunculus* (Estragon) : essence à *anéthol ; A. maritima* (Eu) → semen-contra officinal ; *A. absinthium* (Grande Absinthe), plusieurs espèces alpines appelées communément *Genépy (A. spicata, A. glacialis, etc.).* **h) Sénécionidées** *Senecio :* 1 500 *e ;* espèces arborescentes remarquables en hautes montagnes équatoriales africaines, comme *S. friesiorum,* espèces cactiformes. *Arnica :* 20 *e* (HN) ; *A. montana* → *arnica* (vulnéraire). *Tussilago* (Pas d'âne) : 2 *e* (HN). **i) Calendulées** *Calendula* (Soucis) : 20-30 *e* (M) ; *C. officinalis* (Faux Safran). *Dimorphotheca :* 20 *e* (Af S). **j) Arctotidées** *Arctotis :* 60 *e* (Af S). *Gazania :* 30 *e* (Af S). **k) Cynarées** *Echinops :* 80 *e* (Af, Eurasie). *Carlina :* 20 *e* (Eurasie). *Arctium* (Bardane : 6 *e* (Eurasie). *Carduus* (Chardon) : 150 *e* (Eurasie). *Cirsium* (Chardon) : 200 *e* (HN). *Cnicus benedictus* (Chardon béni, M), contient un principe amer, la *cnicine. Cynara* (Artichaut) : 15 *e ; C. scolymus :* Artichaut cultivé ; *C. cardunculus :* Cardon. *Centauria* (Centaurée) : 700 *e* (M surtout). *Carthamus tinctorius (Carthame,* M) → matière colorante jaune et pigment rouge (carthamine). **l) Mutisiées** *Mutisia :* 60-70 *e* (Am). *Gerbera :* 50 *e* (V chaud).
		2° Sous-famille des Liguliflores : Tribu unique des Chicoriées. *Cichorium :* 8 *e* (M, Eurasie) ; *C. intybus* (Chicorée), contient des hétérosides *(chicorine),* une de ses variétés est la Chicorée à café ; *C. endivia* (Endive, Escarole, Chicorée frisée). *Scolymus :* 3 *e* (M). *Catananche* (M). *Crepis :* 250-300 *e* (HN) ; *Hieracium :* 800 *e* (HN) ; *Taraxacum :* 100 *e* (régions tempérées et froides) ; *T. officinale* (*Dent de Lion) ; Lactuca* (Laitue) : 100 *e* (surtout HN) ; *L. sativa* (Laitue romaine cultivée) ; *L. virosa* (Laitue toxique), fournit un latex, qui, séché, est appelé *lactuarium ; Sonchus* (Laiteron) : 50 *e* (V). *Tragopogon :* 40-50 *e* dont *T. porrifolius* (M), le Salsifis blanc ; *Scorzonera :* 150 *e* (en Méditerranée, AC), avec *Sc. hispanica* (Salsifis noir).

33. Lignée V - Phylum n° 17. Ordre des Sarraceniales (Dicotylédones Dialypétales Thalamiflores).

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
Ordre unique du Phylum : ***SARRACENIALES*** — Voir p. 112.	**SARRACENIACÉES** — 4 *g,* 12 *e.*	*Sarracenia ; Darlingtonia ; Chrysamphora ; Heliamphora.* Alcaloïdes chez *Sarracenia.* Tous ces genres sont d'AmN (marais). Faussement dites « carnivores » (voir p. 113).
	NEPENTHACÉES — 1 *g,* 60 *e.*	*Nepenthes* (autour de l'océan Indien) : plantes dites « carnivores » (voir p. 113) ; ornementales.
	CEPTALOTACÉES — 1 *g,* 1 *e.*	*Ceptalotus follicularis* (Au du sud-ouest).

34. Lignée V- Phylum n° 18- Ordre des Rosales, Myrtales et Thymelaeales, toutes Dicotylédones Dialypetales Caliciflores.

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
ROSALES — Voir p. 113. Les Rosales comprennent des représentants de tous les types biologiques.	**HAMAMELIDACÉES** — 23 *g*, 100 *e*.	**1° Sous-famille des Disanthoidées : Fl isolées; Carpelles à 5-6 ovules.** *Disanthus :* 1 *e* (Japon), *D. cercidifolius ; Fortunearia :* 1 *e* (Chine), *F. sinensis.*
		2° Sous-famille des Hamamelidoidées : Fl isolées; Carpelles à 1-ovule. *Hamamelis :* 6 *e* (Am N) ; *Parrotia :* 2 *e* (Iran, Cachemire) ; *Forthergilla :* 4 *e* (Am N) ; *Corylopsis :* 25 *e* (As) ; *Distylium :* 10 *e* (As).
		3° Sous-famille des Rhodoleioidées : Fleurs en capitules (4 à 5 Fl). *Rhodoleia :* 10 *e* (As du S. E.).
		4° Sous-famille des Bucklandioidées : Fl en inflorescences denses; carpelles 6-ovules. *Bucklandia :* 3 *e* (As du S. E.) : très grands arbres.
		5° Sous-famille du Liquidambaroidées : Fl nues. *Liquidambar : L. orientalis* → le *styrax* officinal ; *Altingia :* 5 *e* (IM, Chine).
	PLATANACÉES — 1 *g*, 8 *e*.	*Platanus,* genre unique : *P. orientalis* (de la Méditerranée orientale à l'Himalaya), *P. occidentalis* (Mexique → Canada), *P. acerifolia* (intermédiaire entre les 2 *e* précédentes ; la plus répandue en plantations).
	BRUNIACÉES — 12 *g*, 75 *e*.	Arbustes à feuilles alternes d'Af. S. et d'Au. *Staavia*, *Brunia*.
	MYROTHAMNACÉES — 1 *g*, 2 *e*.	*Myrothamnus* (Madagascar, Af. S.) : arbustes à feuilles opposées.
	CRASSULACÉES — 20 *g*, 1 000 *e*.	*Sempervivum* (Joubarbe) : montagnes d'Europe et d'Asie occidentale. *Aeonium :* 50 *e* (Canaries) ; *Sedum* (Orpin) : 600 *e* (surtout HN) ; *Crassula :* 400 *e* (surtout Af. S.) ; *Pagella archeri* (espèce d'Af. S.) ; *Cotyledon :* 60 *e* (M) ; *Kalanchoe :* 250 *e* (Af., Madère).
	SAXIFRAGACÉES — 70-80 *g*, 1 500 *e*.	**1° Sous-famille des Penthoroidées.** *Penthorum* (Am N ; As. orientale).
		2° Sous-famille des Saxifragoidées : herbes, rarement arbustes. *Astilbe :* 25-30 *e* (Eurasie) ; *Saxifraga* (Saxifrage) : 300-400 *e* (HN ; quelques *e* sur HS) ; *Chrysoplenium :* 60 *e* (HN, Andes) ; *Ribes* (Groseiller) : 150 *e* (HN, Andes), avec *R. grossularia* (Groseiller à Maquereaux), *R. spicatum* (Groseiller rouge), *R. nigrum* (Cassis).
		3° Sous-famille des Lepuropetaloidées : petites plantes; Fl de type 5. *Lepuropetalum* (Am N, Chili).
		4° Sous-famille des Parnassioidées : herbacées. *Parnassia :* 50 *e* (HN).
		5° Sous-famille des Pterostemonoidées. *Pterostemon :* 2 *e* (Mexique).
		6° Sous-famille des Tetracarpaeoidées. *Tetracarpaea* (Tasmanie) : arbustes.
		7° Sous-famille des Iteoidées. *Itea :* 6 *e* (As. orientale, Am N) ; arbustes.
		8° Sous-famille des Brexioidées : arbustes ou petits arbres. *Brexia :* 1 *e* (Af., Madagascar).
		9° Sous-famille des Kirengeshomoidées. *Kirengeshoma :* 1 *e* (Japon) : grande plante herbacée.
		10° Sous-famille des Kanioidées. *Kania* (Nouvelle-Zélande) : arbres à feuilles opposées.
		11° Sous-famille des Baueroidées : arbustes à feuilles bifides. *Bauera* (Au, Tasmanie).
		12° Sous-famille des Hydrangeoidées : arbustes ou grandes herbes. *Philadelphus :* 55 *e* (HN) ; *Deutzia :* 40 *e* (HN) ; *Hydrangea* (Hortensia) : 80 *e* (HN).

suite à la page suivante

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
ROSALES (suite)	**SAXIFRAGACÉES** (suite)	**13° Sous-famille des Escallonioidées : arbres ou arbustes, rarement herbes.** *Escallonia :* 50 *e* (Am S).
		14° Sous-famille des Montinioidées : arbustes à feuilles alternes. *Montinia* (1 *e,* Af S).
		15° Sous-famille des Phyllonomoidées. *Phyllonoma* (Mexique, Pérou) : arbustes.
	PITTOSPORACÉES — 10 *g,* 200 *e* (presque toutes en Au). — Arbres ou arbustes, parfois lianes.	*Pittosporum :* 160 *e* (V sauf Europe) ; *Bursaria :* 3 *e* (Au) ; *Billardierea :* 10 *e* (Au).
	GREYACÉES — 1 *g,* 3 *e* (Af. S). — Proche des Escallonioidées.	*Greya.*
	CUNONIACÉES — 20 *g,* 250 *e* (HS surtout Au). — Proche des Crassulacées et des Saxifragacées.	*Cussonia* (*C. capensis :* seule *e* d'Af.) ; *Davidsonia.*
	BRUNELLIACÉES — 2 *g,* 20 *e* (Antilles, AmS).	*Brunellia.*
	PODOSTEMONACÉES — 40 - 50 *g,* 250 *e.* — Am, As, Af, dans eaux douces rapides et très éclairées; herbacées généralement petites. — Corps végétatifs divers (rappelant souvent des algues, lichens, etc.).	*Oenone* (Am) ; *Mourera* (Am), sans racines; *Podostemum* (Am) ; etc. Plantes très intéressantes par leurs extraordinaires caractères d'adaptation.
	HYDROSTACHYACÉES — 1 *g* 12 *e.* — Herbes à port de Fougères	*Hydrostachis* (Af. S, Madagascar).
	ROSACÉES — 100 *g,* 3 500 *e.* — En France : 25 *g,* 189 *e.* — Arbres, arbustes ou herbes. Se reporter, pour les détails, p. 113.	**1° Sous-famille des Spiraeoidées.** *Spiraea* (Spirée) : 100 *e* (HN) ; beaucoup d'espèces ornementales; *Aruncus :* 1 *e, A. silvestris* (HN) ; *Quillaja :* 3 *e* (Am S) , *Q. saponaria,* riche en sapotoxines (utilisée comme savon).
		2° Sous-famille des Pomoidées. *Cotoneaster :* 20-30 *e* (HN), arbustes ornementaux; *Cydonia* (Cognassier) : *C. vulgaris* (M), donne des fruits pour confitures (Coings) ; *Pirus :* 50-60 *e* (HN) : *P. communis* est le *Poirier cultivé, P. malus* est le Pommier (pour ces 2 arbres : nombreuses souches sauvages et spontanées comme *P. persica, P. pumila, etc.*) ; *Sorbus* (Sorbier) ; *Eryobotrya :* 1 *e* (Japon), *E. japonica* ou Néflier du Japon (fruits comestibles) ; *Crataegus* (Aubépine) : 50 *e* (HN) ; *C. oxyacanthoides* est officinale (Fl contenant de la triméthylamine), *Mespilus* (Néflier) : 1 *e* (Orient).
		3° Sous-famille des Rosoidées : 5 tribus. **a) Kerriées :** *Kerria :* 1 *e* (Chine), *K. japonica* (ornementale), *Rhodotypus :* 1 *e* (Japon), *R. kerrioides.* **b) Potentillées :** *Rubus* (Ronce) : 200 *e ; R. idaeus* (Framboisier) ; *R. caesius, R. fructicosus* → les *mûres* comestibles. *Fragaria* (Fraisier) : 8 *e* (HN, Andes) : *F. virginiana* (Am N), *F. chiloensis* (Chili), *F. elatior* (Eu), *F. vesca* (Eu), *F. collina* (Eu), *Potentilla* (Potentille) : 300 *e* (HN) ; *Dryas* (Dryade) : 2 *e* (HN froid) ; *Geum* (Benoîte) : 40 *e* (HN). **c) Filipendulées :** *Filipendula :* 10 *e* (HN) ; *F. ulmaria* (Reine des Prés) contient du *gaulthérioside.* **d) Sanguisorbées :** *Alchemilla :* 100 *e* (Eu, Af, Am T) ; *Agrimonia* (Aigremoine) : 10 *e* (HN) ; *Poterium :* 30 *e* (HN) **e) Rosées :** *Rosa* (Eglantier) : 100 *e* (HN), beaucoup d'hybrides, de mutants utilisés en horticulture. *R. banksiae* (As. du S. E.) : liane ornementale ; *R. sempervirens* (M) : Eglantier toujours vert ; *R. canina :* Eglantier sauvage (fruits astringents : les *cynorrhodons*) ; *R. damascena :* Eglantine à essence de Roses ; *R. gallica* (Eu, As. occidentale) : Roses de Provins officinales ; *R. centifolia* (Orient) : Roses pâles (→ Eau de Roses). Les Roses cultivées sont issues de croisements de *R. gallica* avec d'autres espèces, notamment *R. fragrans* (Rose Thé, chinoise) et *R. chinensis* (Rose de Chine). La production de Roses par hybridation date du XVIIIe siècle.

suite à la page suivante

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
ROSALES (suite)	**ROSACÉES** (suite)	**4° Sous-famille des Neuradoidées.** *Neurada :* 2 *e* (M. orientale).
		5° Sous-famille des Prunoidées. *Prunus :* 200 *e* (HN, Andes). *P. armeniaca :* Abricotier (Turkestan, Mongolie) ; mais la souche des Abricotiers cultivés est *Armeniaca vulgaris.* *P. insititia :* Pruneautier (M), souche de la Prune bleue (forme *nigra*), de la Mirabelle (forme *syriaca*), de la Reine-Claude (forme *italica*), etc. *P. domestica* est la souche de la Quetsche. *P. spinosa :* Prunellier sauvage (Eu, M) ; *P. amydalus :* Amandier (M) ; *P. persica :* Pêcher (origine inconnue) ; *P. avium :* Cerisier doux (Eu, As. occidentale) ; *P. cerasus :* Griottier ; *P. mahaleb :* Prunier de Sainte-Lucie (M) ; *P. padus :* Prunier puant (Eurasie), contient de la *prunasine ; P. laurocerasus :* Laurier-Cerise (M) ; *P. lusitanica :* Prunier du Portugal.
	CHRYSOBALANACÉES — Quelques *g.* — Famille surtout américaine (IT).	*Chrysobalanus Icaco :* Prunier d'Icaco (Am T) ; *Hirtella ; Parinarium, etc.*
	MIMOSACÉES — 50 *g,* 2 000 *e* (zones chaudes). — 1re famille du sous-ordre des Légumineuses. — 6 tribus (ci-contre). — Détails voir p. 115.	**1° Ingées :** *Inga :* 200 *e* (Am T) ; *Albizzia :* 50 *e* (IT). **2° Acaciées :** *Acacia :* 600 *e* (zones chaudes) ; *A. senegal* → gomme arabique ; nombreuses *e* gummifères ; *A. catechu* est le Cachou de Pégu ou du Bengale. **3° Mimosées** (surtout Am.): *Mimosa :* 400 *e ; M. pudica :* Sensitive (Brésil). **4° Adenantherées :** *Prosopis :* 25-30 *e* (zones chaudes) ; *Adenanthera :* 3 *e* (As T). **5° Piptadeniées :** *Pusaetha :* 15 *e* (IT). **6° Parkiées :** *Parkia :* 20 *e* (T).
	CESALPINACÉES — 100 *g,* 2 000 *e.* — 2e famille du sous-ordre des Légumineuses — 8 tribus. — Détails voir p. 115.	**1° Dimorphandrées :** *Erythrophloeum :* 5 *e* (IT) ; *E. guineense* est toxique (alcaloïdes dans l'écorce). **2° Cynométrées :** *Copaifera* · 25-30 *e* (Am et Af T) ; *Trachylobium verrucosum* (Af) → le *Copal de Zanzibar ; Hymenaea :* 10 *e* (Am T) → *Copal américain.* **3° Amherstiées :** *Amherstia :* 1 *e* (Inde), *A. nobilis ; Bauhinia :* 200 *e* (T) ; *Cercis :* 5 *e* (M, As. Am N) ; *C. siliquastrum* est l'Arbre de Judée. **4° Cassiées :** *Cassia :* 500 *e ; Labichea ; Ceratonia :* 1 *e* (M). *C. siliqua* (Caroubier). **5° Krameriées :** *Krameria :* 12 *e* (Am chaude) ; *K. triandra* → *racine de Ratanhia.* **6° Cesalpiniées :** *Caesalpinia :* 80 *e* (régions chaudes), → bois précieux ; *Haematoxylon :* 1 *e, H. campechianum* → *bois de Campêche* et *hématoxyline* (Am C) ; *Gleditschia ; Poinciania.* **7° Scorolobiées :** (Am) : voisines des précédentes. **8° Swartziées** (Am)
	PAPILIONACÉES — 350 *g,* 10 000 *e.* — En France : 41 *g,* 350 *e.* — 3e famille du sous-ordre des Légumineuses. — Voir p. 115. — 10 tribus.	**1° Sophorées :** arbres ou arbustes. *Sophora :* 25 *e* (régions chaudes) ; *S. japonica* → *rutine, émodine, cytisine* (alcaloïdes) ; *Cladrastis :* 2 *e* (As, Am N) ; *Myroxylox :* 2-3 *e* (Am T) ; *M. balsamum* → *Baumes (Baume de Tolu, Baume du Pérou).* **2° Podalyriées :** *Anagyris :* 2 *e* (M) ; *Podalyria :* 20 *e* (Af S) ; *Baptisia :* 14 *e* (Am N) ; *Chorizema :* 15 *e.* **3° Genistées :** herbes ou arbustes. *Crotolaria :* 350 *e* (régions chaudes) ; *Locrotonis :* 100 *e ; Lupinus :* 100 *e* (Am, M), → *engrais verts* (farine, pseudo-café) ; *Genista* (Genêt) : 150 *e* (Eu, M) ; Ulex *(Ajonc)* : 30 *e* → *cytisine, ulexoside ; Spartium junceum* → cytisine ; *Cytisus :* 50 *e* (Eu), *C. scoparius* (Genêt à balai) alcaloïdes.

suite à la page suivante

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
ROSALES (suite)	**PAPILIONACÉES** (suite)	**4° Trifoliées :** herbacées. *Ononis* : 150 *e* (M) ; *Trigonella* : 100 *e* ; *Medicago (Luzerne)* : 100 *e* (surtout M) ; *Melitotus (Mélitot)* : 20-30 *e* ; *Trifolium* (Trèfle) : 400 *e*.
		5° Lotées : *Anthyllis* (Vulnéraire) : 30-40 *e* ; *Lotus* (Lotier) : 100 *e* (subtempérées et T).
		6° Galegées : herbes, arbustes ou arbres. *Psoralea* : 130 *e* (régions chaudes) ; *Indigofera* : 350 *e* (zones chaudes) ; *I. tinctoria*, etc. → l'*Indigo* (matière tinctoriale) ; *Galega* : 3 *e* (Eu) → alcaloïdes ; *Wistaria* (Glycine) : 4 *e*, dont *W. floribunda* (Glycine des jardins) ; *Robinia* : 10 *e* (Am N) ; *Colutea* (Baguenaudier) : 10 *e* (Eu, As) ; *Astragalus* : 2000 *e* (HN, Andes) ; *Glycyrrhiza* : 12 *e* (HN, Am S) ; *G. glabra* → la Réglisse.
		7° Hedysarées : *Coronilla* (Coronille) : 30 *e* ; *Onobrychis* (Sainfoin) : 100 *e* (surtout M) ; *Arachis* (Arachide) : 9 *e* (Brésil) ; *A. hypogaea (Cacahouète)*, graines riches en huile.
		8° Dalbergiées : *Dalbergia* : 100 *e* (T), → bois précieux ; *D. melanoxylon* → Ebène du Sénégal ; *Pterocarpus* : 30 *e* (T), → bois précieux ; *P. santalinus* (Inde) → *Kinode Malabar, P. draco* (Antilles) → *Sang Dragon des Antilles* ; *Derris* : 50 *e* (T).
		9° Viciées : surtout herbacées. *Cicer* : 14 *e* (M, As chaude) ; *C. arietinum* est le *Pois-chiche* ; *Vicia* (Vesce) : 150 *e* (HN, Andes) ; *Lens (Lentille)* : 6 *e* (M) ; *Lathyrus (Gesse)* : 100 *e* (HN, Andes), graines toxiques ; *Pisum* (Pois) ; *P. Sativum* est le *Pois cultivé*.
		10° Phaseolées : herbes volubiles ou arbustes. *Phaseolus* (Haricot) : 150 *e* ; *Ph. communis* (Haricot commun) ; *Ph. coccineus* (Haricot à fleurs rouges) ; *Glycine* : 25 *e* (T) ; *G. hispida* (Soja) ; *Phytostigma* : 3 *e* (Af T) ; *Ph. venenosum* → *Fève de Calabar* (alcaloïdes très toxiques) ; *Dolichos* : 30 *e* (T).
	CROSSOSOMATACÉES — 1 *g*, 4 *e* (AmN).	Arbustes à feuilles alternes : *Crossosoma*.
	BYBLIDACÉES — 1 *g*, 2 *e*.	*Bybiis* : plantes herbacées (Au).
	RORIDULACÉES — 1 *g*, 2 *e*.	*Roridula* : herbacées (Le Cap).
MYRTALES — Voir les détails relatifs aux familles p. 115.	**LYTHRACÉES** — 20-30 *g*, 500 *e*.	*Lagerstroemia* : 30 *e* (océan Indien) ; *Lythrum* : 30 *e* ; *L. salicaria* (Salicaire) ; *Lawsonia inermis* (Af N, Inde) → le *henné* (colorant pour ongles, cheveux) ; *Cuphea* : 200 *e* (Am).
	CRYPTERONIACÉES — 1 *g*, 4 *e* (IM).	*Crypteronia* (arbres).
	HETEROPYXIDACÉES — 1 *g*, 2 *e*.	*Heteropyxis* (S.-E. africain).
	SONNERATIACÉES (= BLATTIACÉES) — 2 *g*, 10 *e*.	*Sonneratia* (arbres de la Mangrove) ; *Duabanga* (Arbres de l'Asie des moussons).
	PUNICACÉES — 1 *g*, 2 *e*	*Punica* (arbres ou arbustes) : *P. protopunica* (Ile Sokotora) ; *P. granatum* (Grenadier).
	RHIZOPHORACÉES — 20 *g*, 100 *e*.	*Rhizophora* : 3 *e* (Mangrove d'Am, Af, A) ; *Bruguiera* : 5 *e* ; *Anisophyllea* : 5 *e*.
	LECYTHIDACÉES — 24 *g*, 150 *e* (IT).	*Planchonia* (Iles de la Sonde) ; *Lecythis* : 50 *e* (Am S) ; *Bertholletia* : 2 *e* (Am S) → *Noix du Brésil* (riche en huile et en protides).
	COMBRETACÉES — 20 *g*, 600 *e* (IT).	*Combretum* ; *Terminalia*.
	MYRTACÉES — 100 *g*, 3 500 *e*.	**1° Sous-famille des Myrtoidées : Feuilles opposées, fruit charnu.** *Psidium* : 100 *e* (Am) ; *P. guajava* → fruits comestibles *(goyaves)* ; *Myrtus* : 16 *e* (régions chaudes : M, Inde, Floride, Bahamas) ; *M. communis (Myrte commun*, M) ; *Pimenta* : 5 *e* (Am) ; fruits de *P. officinalis* → *poivre de la Jamaïque* (ou poivre anglais) ; *Eugenia* : 1 000 *e* (IT) ; *Jambosa* : 150 *e* (IM) ; les boutons de *J. caryophyllus* : *clous de girofle* (essence à *eugénol)*.

suite à la page suivante

ORDRES	FAMILLES	PRINCIPAUX GENRES ET ESPÈCES
MYRTALES (suite)	**MYRTACÉES** (suite)	**2° Sous-famille des Leptospermoidées : Feuilles opposées ou alternes, fruit sec.** *Leptospermum* : 25 *e* ; *Melaleuca* : 100 *e* (surtout Au) ; *Eucalyptus* : 800 *e* (Au, Malaisie), à écologie très variée : *E. globulus*, etc., dépassent 100 m de haut. Nombreuses essences *(cinéol, citral, etc.)*, bois d'œuvres.
	MELASTOMACÉES — 150 *g*, 4 000 *e*. (3 000 *e* ; en Am.).	15 tribus dont une seule commune à V et Am. *Gyonia, Osbeckia, Melastoma. Bertolonia, Sakersia, etc.*
	ONAGRACÉES (= OENOTHERACÉES) — 20-30 *g*, 650 *e*.	*Epilobium* : 200 *e* ; *Jussiaea* : 40 *e* (T) ; *Oenothera (Belle-de-Nuit)* : 100 *e* (Am) ; *Fuchsia* : 100 *e* (Am), etc.
	HYDROCARYACÉES (= TRAPACÉES) — 1 *g*, quelques *e*.	*Trapa* (fleurs flottantes).
	HALORRHAGIDACÉES — 6 *g*, 160 *e* (surtout HS).	*Halorrhagis* : 60 *e* (Au surtout) ; *Myriophyllum* : 40 *e*.
	GUNNERACÉES — 1 *g*, 30 *e* (HS).	*Gunnera* : herbacées terrestres parfois très grandes.
	HIPPURIDACÉES — 1 *g*, 1 *e*.	*Hippuris vulgaris* (aquatique).
	CALLITRICHACÉES — 1 *g*, 25 *e*.	*Callitriche* (aquatiques ou terrestres).
	DIALYPETALANTHACÉES — 1 *g*, 1 *e*.	*Dialypetalanthalus* (Brésil).
THYMELAEALES — Ordre très voisin des Myrtales.	**PENAEACÉES** — 5 *g*, 25 *e* (Le Cap). — Arbustes à feuilles coriaces, opposées, stipulées.	*Penaea* ; *Sarcocolla* ; *Endonema*.
	GEISSOLOMATACÉES — 1 *g*, 1 *e*.	*Geissoloma marginatum* (Le Cap) : arbustes à feuilles non stipulées.
	OLINIACÉES — 1 *g*, 6 *e* (Af.S). — Arbres ou arbustes à feuilles opposées, sans stipules.	*Olinia* (1 *e* à Sainte-Hélène).
	THYMELAEACÉES — 40 - 50 *g*, 500 *e*. — Arbres ou arbustes, rarement herbes.	*Aquilaria* ; *Gyrinops* (Ceylan, Moluques) ; *Gnidia* : 100 *e* (Af à l'Inde) ; *Daphne* (Bois joli) : 50 *e* (V, HN) ; *Thymelaea* : 20-30 *e* (M) : *Edgeworthia* : 2 *e* (As C et orientale) ; *E. chrysantha* → papier du Japon *(Mitsumata)*.
	ELAEAGNACÉES — 3 *g*, 20 *e* (HN). — Arbres ou arbustes à l'aspect argenté.	*Hippophaë rhamnoides* (Argousier) ; *Eloeagnus angustifolia* (Olivier de Bohême) ; *Shepherdia*.

GLOSSAIRE ÉLÉMENTAIRE DE BOTANIQUE

Nous avons donné ci-dessous quelques définitions simplifiées des principaux termes utilisés en botanique. Nous avons indiqué la nature grammaticale (*adj.* = adjectif; *n. m.* = nom masculin; *n. f.* = nom féminin) des termes définis.

● **Acaule** *(adj.)*. Sans tige apparente (exemple : le Pissenlit).

● **Adaptation** *(n. f.)*. Modification du comportement et de la structure d'un organisme sous l'influence des facteurs extérieurs.

● **Akène** *(n. m.)*. Fruit sec indéhiscent (qui ne s'ouvre pas naturellement), contenant une seule graine (exemple : gland, noisette).

● **Albumen** *(n. m.)*. Réserve nutritive entourant la plantule chez certains Végétaux.

● **Aleurone** *(n. f.)*. Substance de réserve (protide) qui existe à l'état de grains microscopiques dans les graines de certains Végétaux (dans l'albumen des céréales, par exemple).

● **Anatrope** *(adj.)*. « Renversé », en parlant de certains types d'ovules dont le micropyle est voisin du hile.

● **Anémophilie** *(n. f.)*. Transport des grains de pollen par le vent, qui assure ainsi la pollinisation de certaines plantes.

● **Angiospermes** *(n.f. pl.)*. Unité systématique groupant les plantes dont les graines sont enfermées dans des cavités closes (dans un fruit).

● **Anthère** *(n. f.)*. Partie globuleuse de l'étamine où se forment les grains de pollen.

● **Anthéridie** *(n. f.)*. Organe dans lequel se forment les gamètes mâles chez certains Végétaux.

● **Anthérozoïde** *(n. m.)*. Gamète mâle des Végétaux (on dit maintenant, de préférence, spermatozoïde).

● **Apétales** *(n. f. pl.)*. Groupe de Dicotylédones dont les fleurs n'ont pas de corolle (exemples : le Chêne, la Betterave, etc.).

● **Aphylle** *(adj.)*. Se dit d'une tige dépourvue de feuilles.

● **Apogamie** *(n. f.)*. Développement d'un embryon à partir d'une cellule autre que l'oosphère.

● **Archégone** *(n. m.)*. Organe contenant l'oosphère chez les Végétaux autres que les Algues bleues, les Bactéries, les Algues, les Champignons et les Lichens.

● **Archégoniates** *(n. m. pl.)*. Groupe de Végétaux à archégone.

● **Asque** *(n. m.)*. Chez certains Champignons : organe dans lequel se forment les spores.

● **Assimilation chlorophyllienne** *(n. f.)*. Phénomène physiologique par lequel les plantes vertes fabriquent, à partir d'éléments minéraux, des substances organiques, en utilisant l'énergie lumineuse. L'assimilation chlorophyllienne se traduit globalement par une absorption de gaz carbonique et un rejet d'oxygène.

● **Association végétale** *(n. f.)*. Ensemble d'espèces différentes vivant dans un même milieu.

● **Aubier** *(n. m.)*. Partie périphérique du tronc et des branches d'un arbre, située sous l'écorce, et formée de cellules ligneuses encore vivantes.

● **Autotrophe** *(adj.)*. Se dit d'un Végétal qui élabore lui-même ses aliments organiques (voir *Assimilation chlorophyllienne*).

● **Auxine** *(n. f.)*. Hormone végétale de croissance.

● **Baside** *(n. f.)*. Expansion de l'hyménium, chez certains Champignons, qui produit les spores (celles-ci mûrissent à l'extérieur des basides).

● **Bractée** *(n. f.)*. Petite feuille située à proximité d'une fleur (généralement à la base du pédoncule).

● **Bulbe** *(n. m.)*. Organe constitué par un bourgeon souterrain dont les nombreuses feuilles, très rapprochées, sont remplies de réserves nutritives. C'est le bulbe qui permet à un Végétal de reformer chaque année ses parties aériennes.

● **Caduques** *(adj.)*. Se dit de feuilles qui se renouvellent chaque année.

● **Calice** *(n. m.)*. Ensemble des sépales d'une fleur.

● **Calicule** *(n. m.)*. Ensemble des bractées qui doublent le calice chez certaines fleurs comme l'Œillet.

● **Cambium** *(n. m.)*. Tissu générateur de cellules situé entre le bois et le liber.

● **Campylotrope** *(adj.)*. « Courbé », en parlant d'un ovule.

● **Capitule** *(n. m.)*. Type d'inflorescence caractérisée par l'insertion de nombreuses petites fleurs les unes contre les autres sur un pédoncule élargi en plateau (exemple : le capitule de Marguerite).

● **Carpelle** *(n. m.)*. Paroi du pistil d'une fleur.

● **Caryopse** *(n. m.)*. Fruit sec indéhiscent (qui ne s'ouvre pas naturellement) soudé à la graine qu'il contient (exemple : le grain de Blé).

● **Chalaze** *(n. f.)*. Faisceau libéro-ligneux qui prolonge, dans le pédoncule de l'ovule, le faisceau du placenta.

● **Chlorophylle** *(n. f.)*. Pigment vert des Végétaux, fixés dans des corpuscules appelés des chloroplastes. Il existe plusieurs chlorophylles (a, b, c, d). Voir *Assimilation chlorophyllienne*.

● **Conidie** *(n. f.)*. Spore assurant la reproduction asexuée de certains Champignons.

● **Corymbe** *(n. m.)*. Type d'inflorescence où les pédoncules sont de longueurs inégales, les fleurs étant à peu près sur le même plan.

● **Cotylédon** *(n. m.)*. Lobe inséré sur l'axe de la plantule, à l'intérieur de la graine des Angiospermes.

● **Cryptogame** *(adj.* et *n. f.)*. Plante dont les organes sexuels sont cachés (plante sans fleurs). On distingue les Cryptogames non vasculaires (comme les Champignons) et les Cryptogames vasculaires ou Ptéridophytes (Fougère, Prêle, Sélaginelle), qui possèdent des vaisseaux du bois.

● **Cyme** *(n. f.)*. Type d'inflorescence comprenant un axe principal terminé par une fleur et un ou plusieurs axes secondaires insérés sur l'axe principal et qui se ramifient.

● **Déhiscence** *(n. f.)*. Ouverture naturelle d'un organe clos (comme l'anthère ou certains fruits).

● **Dicotylédones** *(n. f. pl.)*. Groupe de plantes angiospermes dont la plantule possède deux cotylédons.

● **Dioïque** *(adj.)*. Se dit de Végétaux dont les fleurs mâles et les fleurs femelles ne poussent pas sur les mêmes pieds (exemple : le Chanvre). Contraire : monoïque.

● **Dormance** *(n. f.)*. Etat physiologique se traduisant, pour certaines graines, par une incapacité à germer et, pour certains bourgeons, par une incapacité à éclore, malgré une maturité apparente. Principales causes de la dormance des graines : téguments trop durs qui doivent d'abord se décomposer pour permettre la germination de la graine; présence dans la graine d'une substance inhibitrice.

● **Endocarpe** *(n. m.)*. Partie la plus interne d'un fruit (par exemple le noyau d'une cerise, à l'intérieur duquel se trouve la graine de la plante).

● **Entomophilie** *(n. f.)*. Pollinisation d'un Végétal par l'intermédiaire des Insectes (voir *Anémophilie*).

● **Épillet** *(n. m.)*. Épi secondaire. Les Graminées possèdent des épis composés de plusieurs épillets.

● **Épiphyte** *(adj.)*. Se dit d'un Végétal qui vit sur un autre, mais sans le parasiter.

● **Exalbuminé** *(adj.)*. Se dit d'une graine sans albumen.

● **Faine** *(n. f.)*. Fruit du Hêtre.

● **Faisceau libéro-ligneux** *(n. m.)*. Ensemble d'éléments vasculaires composés de vaisseaux ligneux, transportant la sève brute, et de tubes criblés constituant le *liber*, conduisant la sève élaborée. Ces faisceaux n'existent que chez les Végétaux vasculaires.

● **Foliation** *(n. f.)*. Disposition des feuilles sur une tige (il vaut mieux dire phyllotaxie).

● **Foliole** *(n. f.)*. Partie individualisée du limbe d'une feuille composée (le limbe de la feuille de marronnier comporte sept folioles).

● **Gamète** *(n. m.)*. Cellule reproductrice mâle ou femelle, dont le noyau ne contient que *n* chromosomes.

● **Gamopétale** *(adj.)*. Se dit d'une fleur dont les pétales sont soudés.

● **Gamopétales** *(n. f. pl.)*. Groupe de Dicotylédones dont les fleurs sont gamopétales.

● **Gamosépale** *(adj.)*. Se dit d'une fleur dont les sépales sont soudés entre eux.

● **Gemmule** *(n. f.)*. Petit bourgeon de la plantule qui fournira, lors de la germination, la tige et les feuilles.

● **Géotropisme** *(n. m.)*. Orientation d'un organe végétal par rapport à la terre (géotropisme positif : vers la terre; géotropisme négatif : en s'éloignant de la terre).

● **Glume** *(n. f.)*. Bractée située à la base de chaque épillet des Graminacées.

● **Glumelle** *(n. f.)*. Bractées (au nombre de deux) entourant les fleurs de Graminacées.

● **Gymnospermes** *(n. f. pl.)*. Sous-embranchement des Phanérogames (plantes à fleurs) dont les ovules et les graines sont nus (contraire : Angiospermes).

● **Gynécée** *(n. m.)*. Synonyme de pistil.

● **Haploïde** *(adj.)*. Se dit d'une cellule dont le noyau ne possède que *n* chromosomes (contraire : diploïde).

● **Herbacé** *(adj.)*. Se dit de plantes frêles (ni arbre, ni arbuste, ni arbrisseau) qui meurent après la fructification.

● **Hétérotrophie** *(n. f.)*. Le fait pour un organisme de se nourrir de substances organiques qu'il n'élabore pas lui-même (c'est le cas des Animaux et des Végétaux non chlorophylliens). Voir *Autotrophie*.

● **Hile** *(n. m.)*. Région qui relie une graine au fruit.

● **Infère** *(adj.)*. Se dit d'un ovaire qui est situé au-dessous de l'insertion des sépales, des pétales et des étamines. Voir *Supère*.

● **Inflorescence** *(n. f.)*. Manière dont les fleurs sont groupées sur une plante (en grappe, en épi, en capitule, en ombelle, en cyme, etc.).

● **Involucre** *(n. m.)*. Ensemble d'organes foliacés rapprochés autour de la base d'une fleur (se rencontre surtout dans le cas d'une inflorescence en capitule ou en ombelle).

● **Latex** *(n. m.)*. Liquide blanc ou jaunâtre sécrété par certains Végétaux et de composition variée.

● **Liber** *(n. m.)*. Tissu végétal assurant la conduction de la sève élaborée.

● **Liège** *(n. m.)*. Tissu mort constituant une grande partie de l'écorce des racines et des tiges âgées des arbres.

● **Ligneux** *(adj.)*. Qui contient de la lignine; un tissu ligneux a les caractéristiques du bois.

● **Lignine** *(n. f.)*. Substance organique imprégnant cellules et fibres auxquelles elle donne le caractère ligneux (bois).

● **Limbe** *(n. m.)*. Partie élargie de la feuille (composée de plusieurs folioles dans le cas d'une feuille composée).

● **Méiose** *(n. f.)*. Type de division cellulaire dans lequel une cellule à $2n$ chromosomes (cellule mère) donne deux cellules filles à *n* chromosomes (on dit qu'elles ont subi la réduction chromosomique).

● **Méristème** *(n. m.)*. Tissu végétal formé par des cellules non spécialisées qui se divisent rapidement.

● **Mésocarpe** *(n. m.)*. Partie du fruit située entre l'épiderme et le noyau.

● **Micropyle** *(n. m.)*. Petit orifice dans les téguments de l'ovule des Végétaux.

● **Microspore** *(n. f.)*. Chez certaines Cryptogames, spore qui germe en donnant un prothalle mâle.

● **Mitose** *(n. f.)*. Mode de division cellulaire selon laquelle les cellules filles ont autant de chromosomes que la cellule mère.

● **Monocotylédones** *(n. f. pl.)*. Groupe de plantes angiospermes dont la plantule ne possède qu'un seul cotylédon.

● **Monoïque** *(adj.)*. Se dit d'une plante dont les fleurs mâles et les fleurs femelles sont portées par un même pied.

● **Ombelle** *(n. f.)*. Type d'inflorescence dans lequel les pédoncules, partant d'un même point, s'élèvent tous au même niveau.

● **Oogone** *(n. f.)*. Organe dans lequel se forment les oosphères chez certains Végétaux inférieurs (Algues, certains Champignons).

● **Oosphère** *(n. f.)*. Gamète femelle des Végétaux (correspondant à l'ovule dans le règne animal).

● **Ovaire** *(n. m.)*. Partie renflée du pistil contenant les ovules.

● **Ovule** *(n. m.)*. Petit organe situé dans l'ovaire et qui renferme l'oosphère (ne pas confondre l'ovule d'un Végétal avec l'ovule d'un Animal).

● **Parenchyme** *(n. m.)*. Tissu végétal de réserve ou de remplissage.

● **Pédoncule** *(n. m.)*. « Queue » d'une fleur (ou d'un fruit) qui se rattache à la tige.

● **Périanthe** *(n. m.)*. Ensemble du calice et de la corolle d'une fleur.

● **Péricarpe** *(n. m.)*. Ensemble des tissus constituant le fruit.

● **Pétiole** *(n. m.)*. Partie rétrécie qui relie le limbe d'une feuille à la tige (c'est la « queue » de la feuille).

● **Phanérogames** *(n. f. pl.)*. Embranchement du règne végétal comprenant les plantes à fleurs et à graines. Les Phanérogames se divisent en Angiospermes et Gymnospermes.

● **Photosynthèse** *(n. f.)*. Synthèse de substances organiques réalisée par les Végétaux chlorophylliens à l'aide de l'énergie lumineuse (voir *Assimilation chlorophyllienne*).

● **Phototropisme** *(n. m.)*. Mouvement de croissance d'un Végétal orienté par la lumière.

● **Phyllotaxie** *(n. f.)*. Disposition des feuilles sur les tiges.

● **Phytogéographie** *(n. f.)*. Science qui étudie la répartition géographique des plantes à la surface de la Terre.

● **Phytosociologie** *(n. f.)*. Science des associations végétales.

● **Pistil** *(n. m.)*. Ensemble des éléments femelles d'une fleur : ovaire contenant les ovules, style, stigmate. Le pistil est composé de carpelles.

● **Placenta** *(n. m.)*. Région de l'ovaire d'une fleur où sont insérés les ovules.

● **Placentation** *(n. f.)*. Disposition des ovules dans l'ovaire.

● **Plantule** *(n. f.)*. Embryon de la future plante, contenu dans la graine.

● **Plaste** *(n. m.)*. Organite qui se rencontre dans les cellules végétales; les plastes peuvent être chargés de substances nutritives ou de pigments (chloroplaste).

● **Pollen** *(n. m.)*. « Farine » composée de grains microscopiques produits par les étamines. C'est dans le grain de pollen que se trouvent les gamètes mâles.

● **Pollinie** *(n. f.)*. Grains de pollen agglomérés.

● **Pollinisation** *(n. f.)*. Transport des grains de pollen sur le stigmate d'une fleur femelle (par le vent, par les Insectes, ou par d'autres agents).

● **Prothalle** *(n. m.)*. Petite lame verte produite par la germination des spores de certains Végétaux comme les Fougères et qui porte les spermatozoïdes et les archégones.

● **Radicule** *(n. f.)*. Partie de la plantule qui se transformera en racine.

● **Réceptacle floral** *(n. m.)*. Extrémité élargie du pédoncule d'une fleur; c'est sur le réceptacle que s'insèrent les différentes pièces florales (sépales, pétales, etc.).

● **Samare** *(n. f.)*. Akène (voir ce mot) ailé.

● **Saprophyte** *(adj.)*. Se dit de plantes qui se développent sur des substances organiques en décomposition, comme les Champignons.

● **Sépale** *(n. m.)*. Pièce florale, généralement verte, située sous la corolle.

● **Silique** *(n. f.)*. Fruit sec, allongé, qui s'ouvre par quatre fentes longitudinales.

● **Spadice** *(n. m.)*. Type d'inflorescence constituée par un épi enveloppé dans une bractée appelée spathe.

● **Spermatozoïde** *(n. m.)*. Gamète mâle.

● **Spermatophyte** *(adj.* et *n. m.)*. Synonyme de Phanérogame.

● **Spore** *(n. f.)*. Élément composé d'une seule cellule et que produisent les Végétaux inférieurs. Les spores, en germant, donnent un nouvel individu.

● **Sporophyte** *(n. m.)*. Plante qui porte des spores. Le sporophyte est issu d'un œuf fécondé.

● **Stigmate** *(n. m.)*. Partie supérieure du pistil.

● **Stipe** *(n. m.)*. Tronc non ramifié, portant les cicatrices des feuilles (exemple : tronc du Palmier).

● **Stipule** *(n. f.)*. Petit appendice foliacé qui existe à la base de certaines feuilles (appelées alors *feuilles stipulées* ou *feuilles à stipules*).

● **Stolon** *(n. m.)*. Tige aérienne rampante produisant des racines adventives (exemple : le Fraisier).

● **Style** *(n. m.)*. Prolongement de l'ovaire que termine le ou les stigmates.

● **Taxon** *(n. m.)*. Unité systématique.

● **Thalle** *(n. m.)*. Appareil végétatif des Végétaux inférieurs. Un thalle ne comporte ni racine ni tige ni feuille.

● **Thallophytes** *(n. f. pl.)*. Ensemble des Végétaux dont l'appareil végétatif est constitué par un thalle.

● **Tube criblé** *(n. m.)*. Vaisseau du liber, transportant la sève élaborée.

● **Tubercule** *(n. m.)*. Principalement : excroissance d'une tige souterraine.

● **Vaisseaux** *(n. m. pl.)*. Éléments du tissu conducteur de la sève brute chez les plantes supérieures.

● **Verticille** *(n. m.)*. Insertion de feuilles ou de pièces florales sur une ligne circulaire, à un même niveau de l'axe qui les porte.

● **Vivace** *(adj.)*. Se dit d'une plante qui vit plusieurs années.

INDEX

INDEX